UNIVERSIDAD SIMÓN
BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS
PROFESIONALES COORDINACIÓN DE
INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA MECÁNICA DE UN SISTEMA PORTÁTIL DE MEDICIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR.

Por:
Jonathan Toledo

INFORME DE PASANTÍA
Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al titulo de
Ingeniero Mecánico

Sartenejas, Septiembre
2012

UNIVERSIDAD SIMÓN
BOLÍVAR
DECANATO DE ESTUDIOS
PROFESIONALES COORDINACIÓN DE
INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA MECÁNICA DE UN SISTEMA PORTÁTIL DE MEDICIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR.

Por
:
Jonathan Toledo

Realizado con la asesoría de:

Tutor Académico: Lilibeth Zambrano

Tutor Industrial: Rafael Santelmo

INFORME DE PASANTÍA
Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar
como requisito parcial para optar al titulo de
Ingeniero Mecánico

Sartenejas, Septiembre
2012

...ón de Cooperacion
...y Desarrollo Social

ACTA DE EVALUACIÓN

Período: Abril-Septiembre **Fecha:** 04/10/2012 **Tipo Pasantía:** Pasantia larga ep-3420

Título: Diseño y Desarrollo de la Infraestructura Mec. de un Sist. Portátil de Medición de Tráfico vehic

Nombres y Apellidos: Jonathan A. Toledo Vargas **Carnet:** 05-38989 **Carrera:** Ingenieria Mecanica 0200

CALIFICACIÓN	APROBADO	REPROBADO
TUTOR ACADÉMICO	Firma: Nombre: Lilibeth Zambrano CI : 13865635	Sello del Departamento
TUTOR INDUSTRIAL	Firma: Nombre: Rafael Santelmo CI : NO PRESENTE	Sello de la Coordinacion de Carrera
JURADO	Firma: Nombre: Oscar E González Rodríguez CI: 6366668	Sello del Departamento
Artículo 15. Páragrafo Único. Reglamento de los Cursos en Cooperación: Cuando el jurado examinador considere por unanimidad que el Trabajo realizado por el pasante es **EXCEPCIONALMENTE BUENO**,lo hara constar en forma razonada en el Acta		Validación de CCTDS

Nota: En caso de inasistencia del Tutor Industrial, el jurado examinador quedará conformado por el Tutor Académico y Jurado, y se solicitará al estudiante la evaluación del Tutor Industrial como referencia, en este caso favor colocar No-Presente en el Acta. Este documento no puede llevar enmienda.

RESUMEN

InTech es una empresa que proporciona un servicio de mejora de tráfico mediante simulaciones, basadas en data recolectada en la calle, gracias a cámaras instaladas cerca de intersecciones, semáforos, etc. Dicha instalación en estos momentos requiere un despliegue de gran cantidad de recursos estructurales, energéticos y logísticos; el presente proyecto de grado pretende solventar la problemática a la que se enfrenta El Grupo InTech SOLUTIONS, la cual consiste en diseñar y construir un prototipo cuya estructura sea transportable en los vehículos de la compañía, de fácil instalación y a su vez, que sea capaz de elevarse 11 metros de altura; de manera tal que ésta estructura les permita ser más versátiles y rápidos a la hora de recolectar la data, lo que se traduciría en una significativa reducción de gastos y a su vez una mejora del servicio otorgado. La importancia del diseño de este equipo radica en facilitar a los técnicos de campo trasladarse a una zona, sin importar las condiciones en la que se encuentre ésta, es decir, se superarían limitaciones como falta de fuentes de electricidad o de un poste cercano para poder instalar la cámara. A raíz de esto, se diseñó una estructura mecánica compuesta de un sistema de poleas para su fácil elevación y de una base desmontable donde se pueden colocar una variedad de instrumentos electrónicos sin preocuparse por el espacio. Se fabricaron modelos iniciales en cartón para que los técnicos y el jefe de desarrollo tuviesen una apreciación física del prototipo y a su vez evaluaran el desempeño del mismo; gracias a estos modelos fue posible optimizar el prototipo reduciendo el gasto de fabricación, haciéndolo más sencillo y de fácil mantenimiento. Esto demuestra la importancia de los modelos en la fabricación y desarrollo de un prototipo en conjunto con el usuario final del dispositivo.

Dedicatoria

A mi amada
familia, que con amor y paciencia
han hecho de mí el hombre que soy
ahora, A quienes aprecio, quiero
mucho y me han acompañado a lo
largo de toda mi carrera.

.

Agradecimientos y Reconocimientos

En primer lugar quisiera agradecer a Dios por haberme dado el ingenio y claridad que sumado a mis esfuerzos comienzo a obtener los resultados que hoy por hoy se empiezan a materializar. Por la salud que me ha dado, la increíble familia que me ha otorgado y por brindarme la oportunidad de realizarme integralmente como individuo.

Muy especialmente agradezco a mis padres, que gracias a su apoyo constante, amor, y por el deseo constante de hacer de sus hijos las mejores personas, por no rendirse ante los obstáculos que impone la vida y mirar siempre al frente con la convicción de que nada es imposible; y a mis hermanos, Jennifer y Luis, por motivarme incesantemente en el alcance de mis propósitos. A todo el resto de mis familiares, por brindarme su apoyo y formar parte de mi vida, mi más sincero agradecimiento.

Gracias a Lilibeth Zambrano y Rafael Santelmo por haberme orientado con dedicación durante la realización de este trabajo. Por guiarme a lo largo del camino y brindarme la oportunidad de realizar lo que más quiero, gracias a ellos nuevamente.

Agradezco también a mis compañeros de trabajo por su importante contribución al proyecto, su ayuda y la disposición de crear un entorno de trabajo más agradable. Incluyo en este grupo al personal de Desarrollo y Proyectos, con especial reconocimiento a Rafael Santelmo, Oscar Hurtado, Marianela Mendoza, Sergio de Jesús y Nestor Eduartes, por sus significativos aportes. De igual manera a las compañías Optimun E Industrias Malfot por su apoyo en la fabricación de los prototipos.

Nomenclatura

Tabla de Unidades y Símbolos

Símbolo	Cantidades Físicas	Unidad
A	Reacción de Apoyo	N
b	Base de la Pata	m
B	Reacción de Apoyo	N
CL	Factor de Corrección por Tipo de carga	adimensional
Cd	Factor de Corrección por Tamaño de pieza	adimensional
Cs	Factor de Corrección por Acabado Superficial	adimensional
Ct	Factor de Corrección por Temperatura	adimensional
D	Desplazamiento	m
Dval	Deformación Máxima	Mm
E	Coeficiente de Elongación	N/m^2
F	Fuerza de Pesos Supuestos sobre el SIRD	N
Fv	Fuerza del Viento	N
g	Gravedad	m/s^2
h	Altura de la Pata	m
I	Inercia de Forma	m^4
L	Longitud	m
M_0	Momento Máximo	Nm
μ	Coeficiente de Fricción	adimensional
N_{ciclos}	Numero de Ciclos	adimensional
P	Presión Total	kPa
Pcr	Peso Critico de Pandeo	N
R	Reacción Entre Patas	N
Sy	Esfuerzo a Tension	MPa
σ_{max}	Esfuerzo Máximo	MPa

τ_{adm}	Corte Máximo Admisible	MPa
τ_{max}	Esfuerzo Cortante Máximo	MPa
Símbolo	Cantidades Físicas	Unidad
V	Fuerza Cortante	N
W	Peso Total	N
W1	Peso Pata Hueca	N
W2	Peso Pata Maciza	N

Lista de Abreviaturas

USB	Universidad Simón Bolívar
InTech	Grupo Intech Solutions
SIRD	Sistema Integral de Recolección de Data
AWS	American Welding Society, "Sociedad Norteamericana de Soldadura"
SMAW	Shield Metal Arc
Welding GMEAG	Gas Metal Arc
Welding TIG	Tungsten Inert Gas
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales

Contenido

RESUMEN vi
Dedicatoria vii
Agradecimientos y Reconocimientos viii
Nomenclatura ix
Tabla de Unidades y Símbolos ix
Lista de Abreviaturas xi
Índice de Figuras xv
Índice de Tablas xvii
INTRODUCCION 1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
JUSTIFICACION E IMPORTANCIA 3
OBJETIVO 3
ALCANCE DEL PROYECTO 4
CAPÍTULO I 5
1.1 MÁQUINAS DE RECOLECCION DE VIDEO 5
1.2 MAQUINAS SIMPLES DE ELEVACION 6
1.2.1 PLANO INCLINADO 7
1.2.2 TORNILLO 7
1.2.3 EL TORNO 8
1.2.4 LA POLEA 8
1.3 TORRES DE ILUMINACIÓN Y FUNCIONAMIENTO 10
1.4 DISEÑO 12
1.4.1 DISEÑO EN INGENIERÍA 13
1.4.2 CLASIFICACIÓN DEL DISEÑO 14
1.5 MÉTODOS DEL DISEÑO 14
1.5.1 MECANISMOS PARA LA GENERACIÓN DE IDEAS 14
1.5.2 MÉTODO DE LA TORMENTA DE IDEAS 17
1.5.3 MÉTODO DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO 19

1.5.4 SINÉCTICA 20
1.5.5 ANÁLISIS DE CUALIDADES 20
1.5.6 INNOVACIÓN FUNCIONAL 21
CAPITULO II 22
DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD SISTEMA INTEGRAL DE RECOLECCION DE DATA (SIRD) 22
2.1 CARACTERÍSTICAS DE CÁMARAS A COLOCAR PARA LA RECOLECTA DE DATA 22
2.2 CONDICIONES ACTUALES DEL GRUPO INTECH 23
2.3 REQUISITOS DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD SIRD 23
2.4 PRESENTACION Y COMPARACIÓN DE MODELOS PRELIMINARES 24
2.4.1 MODELO PROPUESTO 1-A BASE CILÍNDRICA 24
2.4.2 MODELO PROPUESTO 2-A BASE CUADRADA. 25
2.4.3 MODELO PROPUESTO 1-B SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO TIJERA. 26
2.4.4 MODELO PROPUESTO 2-B SISTEMA DE ELEVACIÓN TELESCÓPICO. 27
CAPITULO III 30
DISEÑO EN DETALLE DE LOS COMPONENTES DE LA SIRD 30
3.1 CÁLCULOS Y MODIFICACIONES DE DISEÑO DEL PROTOTIPO 30
3.2 VERIFICACIÓN DE PANDEO EN COLUMNAS 31
3.3 VERIFICACIÓN A VOLCAMIENTO 35
3.4 VERIFICACIÓN A FLUENCIA 38
3.4.1 DEFLEXIÓN MÁXIMA DE LAS PATAS 39
3.4.2 FLEXIÓN DE LAS PATAS 39
3.4.3 ESFUERZO CORTANTE 40
3.5 VERIFICACIÓN A FATIGA 42
3.6 ENSAMBLAJE Y PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MODELO 44
3.6.1 MODELO DE CARTÓN 44
3.6.2 MODELO DE METAL 47
3.7 CÁLCULO DE TORNILLOS Y REMACHES 49

3.7.1 REMACHES 49
3.7.2 TORNILLOS Y REMACHES A CORTE 50
CAPITULO IV 52
RESULTADOS 52
4.1 TIPS DE MANTENIMIENTO 56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 57
REFERENCIAS 59
APENDICE A 62
APENDICE B 65

Índice de Figuras

Figura 1.1 Máquina de Recolección de Video (Scout Unidad de Recolección Portátil, 2011) 6
Figura 1.2 Plano Inclinado (Tecnosefarad, 2010) 7
Figura 1.3 Tornillo (Tecnosefarad, 2010) 7
Figura1.4 El Torno (Tecnosefarad, 2010) 8
Figura 1.5 Polea Fija (Tecnosefarad, 2010) 9
Figura 1.6 Polea Móvil (Tecnosefarad, 2010) 9
Figura 1.7 Sistema Polipasto (Tecnosefarad, 2010) 10
Figura 1.8 Torre de Iluminación Wacker (Torres de Iluminación Wacker Neuson, 2012) 11
Figura 1.9 Despiece Torre de Iluminación (Torres de Iluminación Wacker Neuson, 2012) 12
Figura 1.10 Proceso Iterativo de Diseño (Milani R, 1997) 13
Figura 1.11 Concepto de Diseño (Boccardo R, 2006) 13
Figura 1.12 Inversión (Milani R, 1997) 15
Figura 1.13 Analogía (Milani R, 1997) 17
Figura 1.14 Diagrama de Producción de Ideas (Milani R, 1997) 18
Figura 2.1 Cámaras Utilizadas por InTech 22
Figura 2.2 Base Cilíndrica. 25
Figura 2.3 Base Cuadrada. 26
Figura 2.4 Elevación Tipo Tijera. 26
Figura 2.5 Elevación Telescópica. 27
Figura 2.6 Batería (YAKE Solar). 29
Figura 3.1 Modelo Inicial Rectangular en SolidWorks. 32
Figura 3.2 Arreglo de Poleas en Modelo Rectangular 32
Figura 3.3 Estudio Pandeo en SolidWorks®. 33
Figura 3.4 Modelo Cuadrado en SolidWorks®. 34
Figura 3.5 Análisis de Pandeo. 34
Figura 3.6 Base Cuadrada con Base para Batería 35
Figura 3.7 Diagrama de Cuerpo Libre (Volcamiento) 36
Figura 3.8 Análisis de la Distancia de Volcamiento (Vista inferior) 37
Figura 3.9 Diagrama de Cuerpo Libre en Conjunto de las Patas 38
Figura 3.10 Diagrama de Cuerpo Libre de las Patas 39
Figura 3.11 Diagrama de Cuerpo Libre para Esfuerzo Cortante 41
Figura 3.12 Estudio de Corte en las Patas en SolidWorks®. 42

Figura 3.13 Diagrama de Wöhler....43
Figura 3.14 Base Cuadrada en SolidWorks....44
Figura 3.15 Patrón de Desarrollo en AutoCAD....45
Figura 3.16 Cortadora de Cartón CNC....45
Figura 3.17 Prototipo Inicial en Cartón....46
Figura 3.18 Poleas Torneadas....46
Figura 3.19 Poleas Dobles del Modelo de Cartón Tensionadas....47
Figura 3.20 Punzonadora Vipros....48
Figura 3.21 Prototipo Secundario en Metal....48
Figura 3.22 Distribución de espacio entre los Remaches (NAI, 2010)....50
Figura 4.1 Primer Modelo Fabricado Cartón....52
Figura 4.2 Segundo Modelo en Metal (Elevación)....53
Figura 4.3 Sistema de Elevación Optimizado En SolidWorks....53
Figura 4.4 Modelo Final en SolidWorks....54
Figura 4.5 Segundo Modelo en Cartón (Base)....54
Figura 4.6 Modelo Final en SolidWorks....55

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Requisitos de la Unidad SIRD 24
Tabla 2.2 Ventajas y Desventajas de la Base Cilíndrica con Respecto a la Base Cuadrada.....25
Tabla 2.3 Ventajas y Desventajas de la Base Cuadrada con Respecto a la Base Cilíndrica.....26
Tabla 2.4 Ventajas y Desventajas de la Elevación Tipo Tijera con Respecto al Mecanismo de Elevación Telescópico.....27
Tabla 2.5 Ventajas y Desventajas de la Elevación Telescópica con Respecto al Mecanismo de Tipo Tijera. 27
Tabla 3.1 Propiedades del Aluminio 3003 – H18 (MatWeb, 1996) 30
Tabla 3.2 Velocidades y Presiones del Viento (Cleanergysolar.com, 2011).....37
Tabla 3.3 Fuerzas requeridas para el volcamiento. 38
Tabla 3.4 Fuerzas en las Patas 38
Tabla 3.5 Fuerzas en las Patas 40
Tabla 3.6 Fuerzas en las Patas 41
Tabla 3.7 Factores de Corrección 42
Tabla 3.8 Esfuerzos Actuantes sobre la Patas.....43

INTRODUCCION

La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño y manufactura de máquinas y equipos de la más variada índole, así como también del diseño, desarrollo, instalación, operación y mantenimiento de gran cantidad de procesos y plantas industriales. Por ende el ingeniero mecánico es un profesional universitario con ciertas aptitudes que le permitan ser capaz de crear y optimizar soluciones a situaciones en su entorno, haciendo uso de sus conocimientos, herramientas, criterios, ciencia y tecnología. El egresado de Ingeniería Mecánica, en general, es una persona creativa, versátil, curiosa, eficiente, innovadora, intuitiva, segura y capacitada para desenvolverse con éxito en cualquiera de los campos de aplicación en donde se pueda desarrollar su vida profesional. (Coordinación de Ing. Mecánica, 2000)

El Grupo InTech SOLUTIONS es una empresa fundada por emprendedores venezolanos, comprometidos con el desarrollo de ideas exitosas y sustentables de negocio que solucionen situaciones comunes y generen bienestar al ciudadano. Desde sus inicios, la corporación se ha orientado hacia el desarrollo de una gama de productos y servicios que permitan explotar al máximo la infraestructura ya existente y, al mismo tiempo, introducir tecnologías nunca antes implementadas (Grupo InTech SOLUTIONS, 2009).

La constante innovación y desarrollo de la tecnología, ha llevado a que hoy en día, se abran nuevas oportunidades de trabajo, para casi todo tipo de profesional en este rubro; un buen ejemplo es la necesidad de la compañía Grupo InTech SOLUTIONS en desarrollar prototipos que se ajusten a sus exigencias y permitan mejorar sus productos. La compañía se separa en tres (3) grandes grupos Tec-Intraf, InTraffic y ViKua; donde cada una realiza distintas actividades que se explicaran a continuación:

Tec-Intraf se especializa en el desarrollo de sistemas de recolección, información, planificación, gestión y control de tráfico vehicular, que permiten al cliente ejercer influencia sobre las condiciones de la movilidad en tiempo real y planificar óptimamente los cambios y acciones a implementar.

InTraffic se enfoca en ofrecer al público en general servicios de información sobre el tráfico en tiempo real, contribuyendo así a la toma de decisiones y el mejoramiento del flujo vehicular a través de la autogestión.

ViKua se dedica a la importación y comercialización de productos especializados para seguridad, sistemas de control de acceso, telecomunicaciones, software, tránsito y movilidad, garantizando una oferta competitiva en cuanto a precio/valor.

El diseñar un prototipo de recolección de data, se presenta, debido a los escasos productos que se adaptan a cámaras y que proporcionan una gran altura y portabilidad; a raíz de esto, la compañía optó por invertir en el desarrollo de un prototipo que permitiera una mayor versatilidad con los instrumentos tecnológicos, portabilidad y extender hasta una altura de aproximadamente 11 metros. Dicho proyecto se desarrollo en el área de Tec-Intraf dentro del departamento de desarrollo y proyectos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente para hacer mediciones de parámetros del tránsito vehicular, mediante el uso de sensores video-analíticos, hace falta el despliegue de una gran cantidad de recursos estructurales, energéticos y logísticos, que sólo se justifican en costo y tiempo para implementar proyectos de medición permanente del tránsito. Dado que existe la necesidad de obtener los datos del flujo vehicular por cortos períodos de tiempo, dicha situación promueve la búsqueda de soluciones dando la oportunidad a un proyecto de grado donde se

propone la creación y desarrollo de un sistema portátil de medición de tráfico con la finalidad de aminorar costos y aumentar la versatilidad de estos sistemas.

JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

La importancia de este proyecto se basa en mejorar los recursos tecnológicos para su utilización y aumentar el rendimiento de los servicios proporcionados por InTech, la cual, proporciona soluciones al tráfico de acuerdo a las mediciones pertinentes. La instalación de un módulo de observación puede tardar días, debido a los problemas de corriente, ubicación, instalación, etc. El desarrollo de un prototipo portátil solventará esta problemática, pues deberá ser auto suficiente y adaptable a la ubicación donde se requiera.

OBJETIVO

Diseñar un sistema estructural para el soporte de un dispositivo de medición de tránsito vehicular portátil.

Objetivos Específicos:

- Establecer condiciones iniciales y restricciones del problema.
- Investigar las alternativas comerciales, para una futura comparación y mejora de los diseños ya fabricados.
- Elaborar propuestas de diferentes diseños, para presentar y seleccionar los que mejor se adapten en campo.
- Diseñar, desarrollar y analizar el diseño seleccionado.
- Acoplar el mecanismo de elevación y ubicar posibles componentes eléctricos en el sistema estructural.
- Construcción del prototipo, para evidenciar futuros problemas y atacarlos a tiempo.

ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto contempla la construcción del prototipo que ofrezca la solución más adecuada a la problemática que presenta el Grupo InTech SOLUTIONS, respecto al gasto excesivo de recursos estructurales, energéticos y logísticos para hacer mediciones de parámetros del tránsito vehicular, mediante el uso de sensores video-analíticos. Sólo se realizarán los cálculos de los elementos críticos que garanticen la operatividad del equipo, entre ellos: Fatiga, fluencia, resistencia al viento y resistencia de las uniones estructurales. Estos cálculos se realizarán de forma preliminar sin profundizar en el detalle con la finalidad de no distraer la atención del objetivo general (Construcción del prototipo) y dejar la oportunidad abierta para trabajos futuros, donde se podrán adaptar nuevas ideas y se someterán a prueba en el prototipo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 MÁQUINAS DE RECOLECCION DE VIDEO

Las máquinas de recolección de video, consisten en un sistema que contiene una cámara de video y un software capaz de analizar, cuantificar y almacenar datos de los videos. Los datos que generalmente se recolectan son flujos direccionales (n° de vehículos por hora y por dirección) y velocidades promedio. De esta manera, los operarios podrán reconocer escenarios de tráfico remotamente (baja, media o alta congestión), medir la cantidad de vehículos que circulan a diario en las distintas direcciones y evaluar el comportamiento del tráfico a lo largo del tiempo.

Un ejemplo de las unidades de recolección de video es la unidad Scout (véase figura 1.1), es la tecnología más versátil en la industria, para la recolección de datos precisos de tráfico; es lo suficientemente pequeña para entrar en un automóvil y puede ser manipulada por una sola persona en menos de diez minutos. Se requiere de candados para asegurar la estructura mientras se encuentra en la intemperie. (Scout Unidad de Recolección Portátil, 2011)

Figura 1.1 Máquina de Recolección de Video (Scout Unidad de Recolección Portátil, 2011)

La Scout cuenta con una pantalla LCD de 14cm para el manejo del software. Se puede instalar y sujetar con seguridad en la mayoría de los postes de la calle y recaudar data para los estudios de tráfico; además contiene un trípode en caso de que no exista lugar para soportar la cámara. Dicha máquina se extiende 7.6 metros máximo y 1.3 metros mínimo y contiene 72 horas de duración

1.2 MAQUINAS SIMPLES DE ELEVACION

Un mecanismo es un elemento que sirve para facilitar el trabajo humano y es una máquina que está constituida por varios mecanismos. Las principales máquinas simples son las que se idearon para ahorrar esfuerzos a la hora de mover cargas o realizar otras tareas, a continuación se mostrarán algunas: (Tecnosefarad, 2010)

- El Plano Inclinado
- El Tornillo
- El Torno
- La Polea

1.2.1 PLANO INCLINADO

Permite subir o bajar objetos realizando menos esfuerzos. A mayor longitud tenga el plano inclinado y menor pendiente menos esfuerzo tendremos que realizar (Tecnosefarad, 2010).

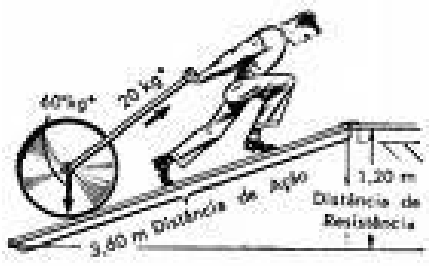


Figura 1.2 Plano Inclinado (Tecnosefarad, 2010)

1.2.2 TORNILLO

Permite al hombre elevar cargas de forma continua sin apenas realizar esfuerzo. Por ejemplo cuando se va a realizar un pozo, un tornillo penetra en la tierra y a la vez que gira para penetrar en ella expulsa la tierra para dejar un agujero en la misma (Tecnosefarad, 2010).

Figura 1.3 Tornillo (Tecnosefarad, 2010)

1.2.3 EL TORNO

Consiste en un cilindro que gira mediante una manivela. Al igual que el resto de máquinas reduce la fuerza que el hombre debe aplicar para subir o bajar cargas. Cuanto mayor sea la longitud de la manivela menor será la fuerza que hay que aplicar (Tecnosefarad, 2010).

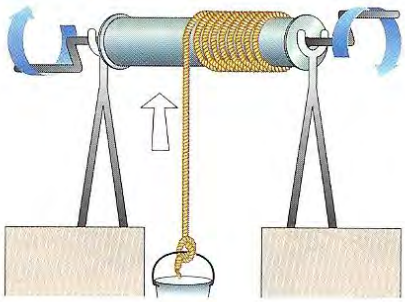


Figura1.4 El Torno (Tecnosefarad, 2010)

1.2.4 LA POLEA

Es una rueda acanalada por la que hacemos pasar una cuerda. Con la polea invertimos el sentido en que aplicamos la fuerza para elevar los objetos facilitando así la elevación de pesos. Existen tres tipos de poleas, la polea simple, la polea móvil y el polipasto (Tecnosefarad, 2010).

Polea Fija

La polea es una rueda ranurada que gira alrededor de un eje. Este se halla sujeto a una superficie fija. Por la ranura de la polea se hace pasar una cuerda, cadena, correa o cable que permite vencer, de forma cómoda, una resistencia, R, aplicando una fuerza, F.

Una polea fija se encuentra en equilibrio cuando la fuerza aplicada F, es igual a la resistencia, R, que presenta la carga, es decir, cuando F = R (Tecnosefarad,

2010).

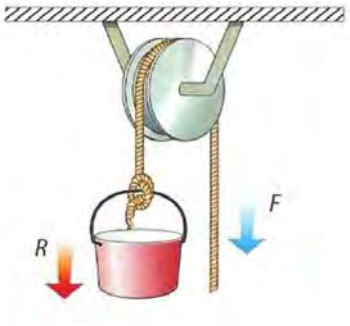


Figura 1.5 Polea Fija (Tecnosefarad, 2010)

La polea sirve para elevar y bajar cargas con facilidad. Se utiliza en pozos, grúas sencillas, aparatos de musculación, etc.

Polea Móvil

La polea móvil es un conjunto de dos poleas, una de las cuales se encuentra fija, mientras que la otra puede desplazarse linealmente. Una polea móvil se encuentra en equilibrio cuando se cumple que F= R/2 (Tecnosefarad, 2010).

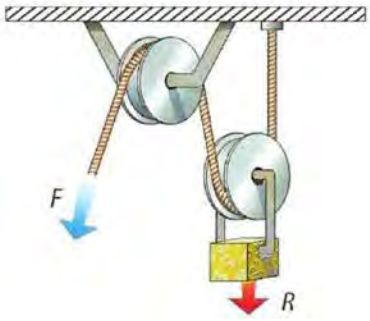


Figura 1.6 Polea Móvil (Tecnosefarad, 2010)

De este modo, el esfuerzo realizado para vencer la resistencia de una carga se reduce a la mitad con respecto a la polea fija. Por ello, este tipo de polea permite

elevar cargas con menos esfuerzo.

Si se combinan varias poleas móviles, la fuerza que es necesario aplicar sigue disminuyendo proporcionalmente al número de poleas móviles del sistema.

Polipasto

El polipasto es un tipo especial de montaje de poleas fijas y móviles. Consta de un numero par se poleas, la mitad de las cuales son fijas, mientras que la otra mitad son móviles. Un polipasto se encuentra en equilibrio cuando se cumple que F = R/2n (Tecnosefarad, 2010).

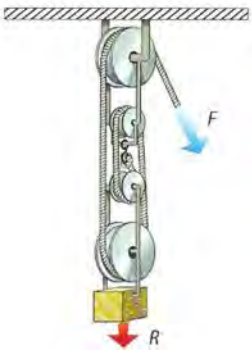


Figura 1.7 Sistema Polipasto (Tecnosefarad, 2010)

En la igualdad, n es el número de poleas móviles.

Las poleas móviles y los polipastos tienen múltiples aplicaciones como: ascensores, montacargas, grúas, etc.

1.3 TORRES DE ILUMINACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Las torres de iluminación son torres de luz compactas para trabajo pesado, ya que ofrecen una iluminación excepcional. Dichas torres se encuentran montadas

sobre remolque y se caracterizan por su tamaño compacto y angosto, el cual facilita su transporte; contiene lámparas elípticas que permiten una proyección de la luz más directa y un área de trabajo mejor iluminada. Cada lámpara puede ser ajustada de manera individual sin el uso de herramientas y el cable con desconexión rápida permite quitar fácilmente las lámparas antes del transporte. El mástil puede ser rotado en 360 grados permitiendo ajustar la iluminación mientras éste se encuentra extendido. (Torres de Iluminación Wacker Neuson, 2012)

Figura 1.8 Torre de Iluminación Wacker (Torres de Iluminación Wacker Neuson, 2012)

Dicha maquinaria fue diseñada para lugares en construcción, donde la electricidad y la luz son escasas. Debido a esto, estas torres tienen un motor diesel o gasolina junto a un generador para ser autosuficientes y proporcionar luz hasta una altura de 9 metros, gracias a un mástil de accionamiento manual; su funcionamiento principal consiste en un juego de poleas móviles y fijas que por medio de tensiones permite que el mástil telescópico se eleve (véase figura 1.9).

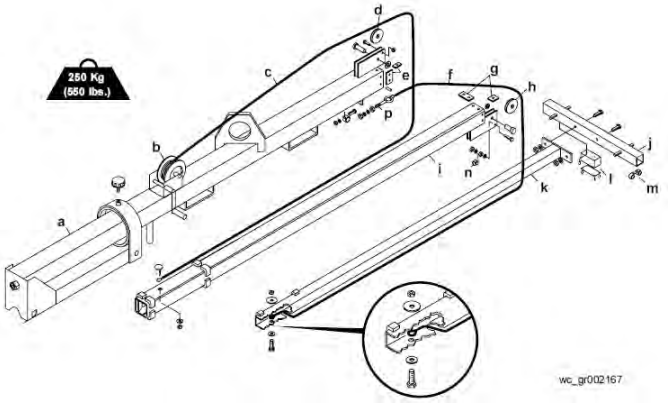


Figura 1.9 Despiece Torre de Iluminación (Torres de Iluminación Wacker Neuson, 2012)

1.4 DISEÑO

El diseño se relaciona de forma intuitiva con la creación y desarrollo de un algo, a pesar de la gran cantidad de definiciones que se pueden conseguir, una que se adapta bien a los fines utilitarios que realizan los ingenieros es la definición de el Profesor Milani, Rodolfo donde dice: "*el diseño es un proceso cuyo objetivo es transformar los recursos en sistemas o productos para la satisfacción de necesidades de cualquier índole"* (Milani R, 1997).

El proceso de diseño se inicial al momento de requerir cubrir una necesidad y la solución de éste problema se da después de varias iteraciones en la cual se idea algo y se compara con los requerimientos y limitaciones existentes, siempre tomando en cuenta en cada nueva iteración la información de la anterior (véase figura 1.10)

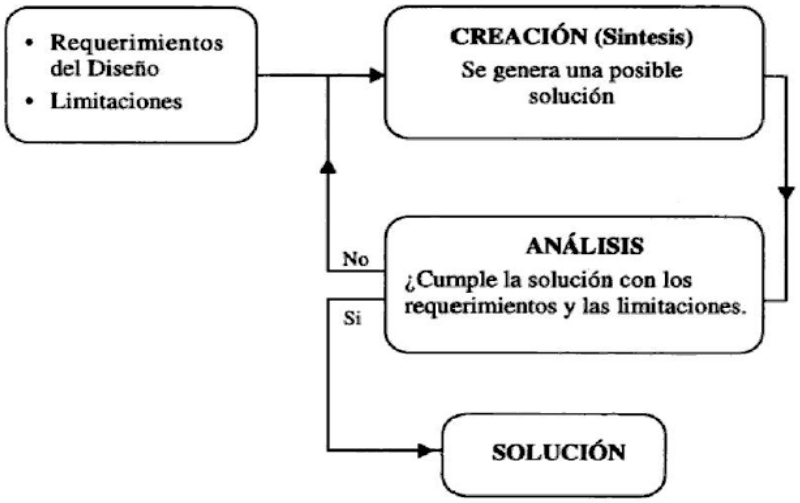


Figura 1.10 Proceso Iterativo de Diseño (Milani R, 1997)

1.4.1 DISEÑO EN INGENIERÍA

Tomando en cuenta la definición anterior de diseño, lo primero que hay que destacar es que el diseño es un proceso, es decir, esto conlleva al desarrollo de una serie de pasos o etapas y para ello existen metodologías para satisfacer las diversas necesidades. El diseño busca cambiar, transformar, reorganizar, modificar, en sí se aporta un valor agregado a los recursos disponibles para convertirlos en sistemas o productos necesarios, útiles, novedosos o mejorados (Boccardo R, 2006).

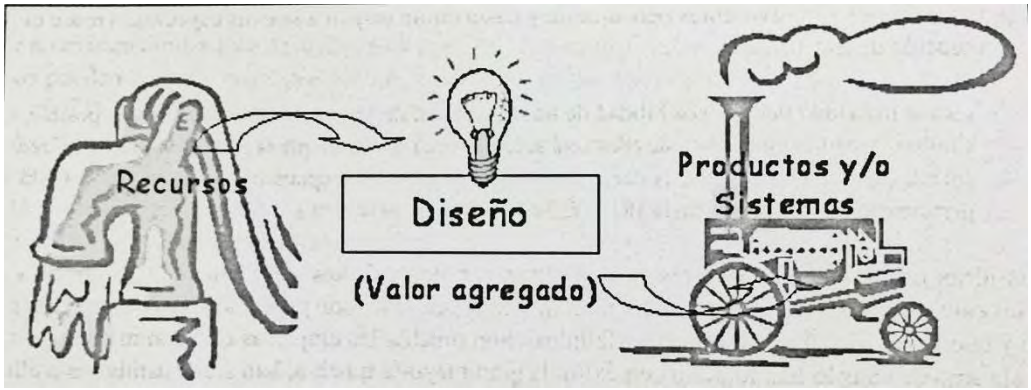


Figura 1.11 Concepto de Diseño (Boccardo R, 2006)

1.4.2 CLASIFICACIÓN DEL DISEÑO

El diseño se clasifica de acuerdo al desarrollo del producto, se tiene el diseño novedoso, sustitutivo, evolutivo y adaptativo. Desarmando productos de otro países para entender su funcionamiento y adaptarlo a las necesidades y capacidades propias se le denomina "ingeniería inversa" y puede considerarse como diseño adaptativo. Con el pasar de los años se ha podido observar el desarrollo y modificaciones que han sufrido los motores de combustión interna y esto puede considerarse como un diseño evolutivo (Milani R, 1997).

La necesidad de facilitar procesos ha llevado a que se innove nuevas formas de fabricación suplantando los procesos tradicionales, esto se considera diseño sustitutivo. Y la satisfacción de una necesidad nunca antes satisfecha se toma como un diseño novedoso.

1.5 MÉTODOS DEL DISEÑO

Una vez entendidos los tipos de diseños es importante señalar que los métodos de diseños son herramientas potentes y útiles, ya que son capaces de romper con la predisposición inicial que representaba el tener de antemano una solución al problema.

1.5.1 MECANISMOS PARA LA GENERACIÓN DE IDEAS

Como se mencionó al hablar de la predisposición se tiende a seguir los caminos tomados con la mente por experiencia previa. Si se insiste en ver los problemas de la misma manera se llegará a la misma solución, en cambio, si se observara desde otro ángulo es posible llegar a otras soluciones. Para desarrollar éstas acciones se requieren de los siguientes mecanismos:

Inversión

Consiste en invertir el problema como por ejemplo:

- Si una pieza se mueve y otra permanece fija, probar lo contrario.
- Si algo encierra otra cosa, invertir la posición.
- Si se observa algo desde afuera, observarlo desde adentro. Si se observa desde arriba, obsérvalo desde abajo.

En la figura 1.12 se puede observar la aplicación de del mecanismo de inversión.

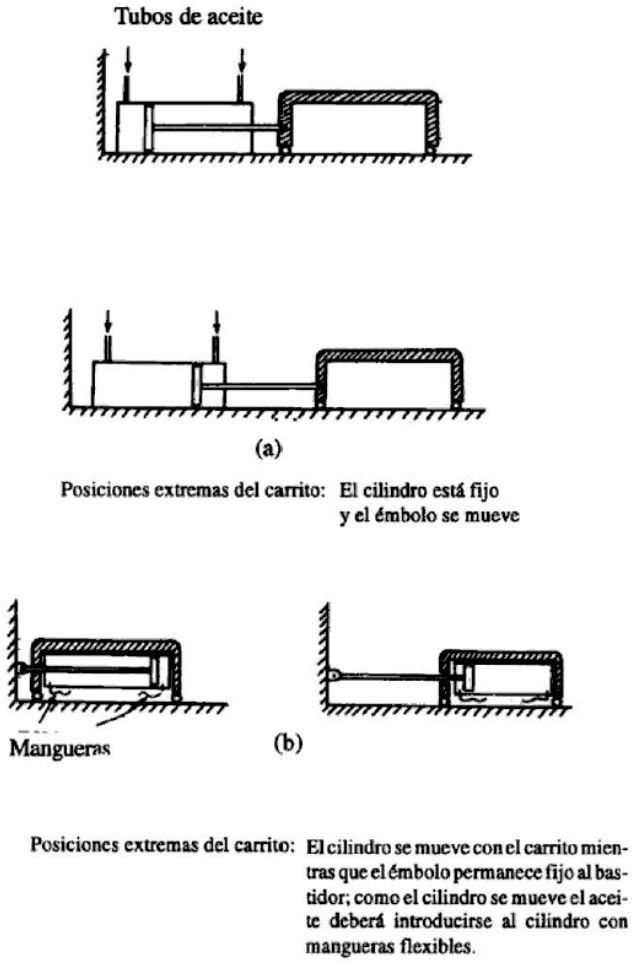


Figura 1.12 Inversión (Milani R, 1997)

Otros ejemplos serían:

Subir la carga al camión; que el camión baje la carga. Que el vaso vaya a la boca; que la boca vaya al vaso

Analogía

Consiste en buscar una analogía al problema a enfrentar, dichas analogías pueden ser:

- De la Naturaleza.
- De otras áreas de la técnica.
- De otras ramas de la ciencias.
- De la literatura.
- Analogías fantásticas.

Principalmente se realiza buscando similitudes entre el problema que se estudia y los problemas en el medio. Las comparaciones más comunes son de mecanismos similares, sin embargo se pueden hacer analogía aún más lejanas como la anatomía y fisiología del cuerpo humano y animal. (Milani R, 1997)

Un buen ejemplo seria el siguiente:

> Si el problema es transportar cajas muy pesadas pensamos: ¿por qué no eliminar la gravedad? El pensamiento se va hacia la forma de eliminar el efecto del peso, por ejemplo: con globos llenos de helio o flotando las cajas, etc., con lo que el pensamiento comenzara a fluir en otras direcciones. (Milani R, 1997)

En la figura 1.13 se puede observar esta poderosa herramienta de diseño, con el problema descrito por el profesor Milani.

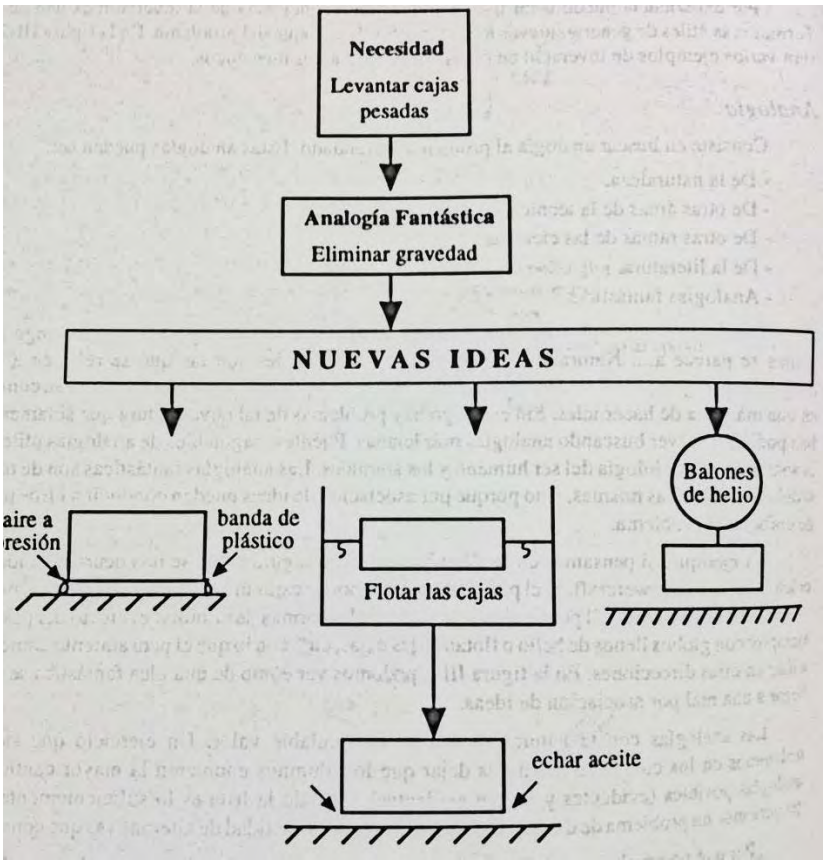


Figura 1.13 Analogía (Milani R, 1997)

Empatía

Consiste en colocarse en el lugar de la pieza o el sistema que se esté diseñando, se imagina como si se fuese la pieza para entender mejor las fuerzas, roces y pérdidas que se pueden obtener simulando su movimiento. La empatía favorece al pensamiento sensorial del problema, el cual con un poco de práctica podría llegar a ser una poderosa herramienta (Milani R, 1997).

1.5.2 MÉTODO DE LA TORMENTA DE IDEAS

La tormenta de ideas, también denominada lluvia de ideas, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un problema determinado. Esta herramienta fue ideada en el año 1938 por Alex

Faickney Osborn, la idea principal del método es generar ideas creativas resultado del proceso interactivo de un grupo multidisciplinario, dando la oportunidad de hacer sugerencias sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes. Es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado (Milani R, 1997).

Dicho método funciona sólo si se cumplen las siguientes reglas:

- Se desea buscar una gran cantidad de ideas, para que no se analicen internamente cada una y además la cantidad, en este caso, se traduce en calidad.
- No se permite ningún juicio hacia las ideas propuestas.
- Las ideas deben ser expuestas lo más espontáneo posible.
- Se debe promover que los miembros del grupo modifiquen o mejoren las ideas de otros, ya que usualmente esto genera una idea superior a la inicial.

En la figura 1.14 se puede observar la curva de producción de ideas que genera la tormenta de ideas.

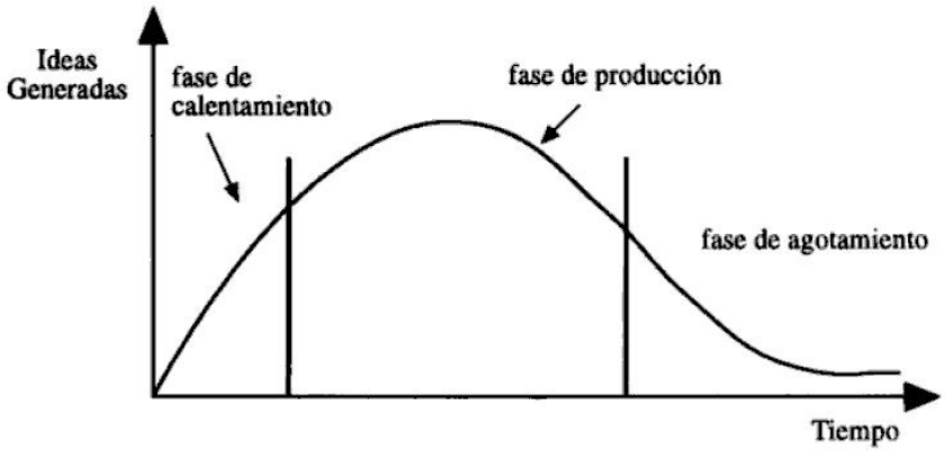


Figura 1.14 Diagrama de Producción de Ideas (Milani R, 1997)

Como se puede observar el método se divide en tres (3) fases, una de calentamiento, donde hay una baja producción de ideas, ya que los miembros están conociendo el problema y realizando mecanismos para el desarrollo de ideas; luego viene la fase de producción donde se genera un punto máximo, esto se debe a que el grupo ya mencionó las ideas más obvias, justo después de éste máximo se generan las mejores ideas ya que están son un poco más elaboradas y por último; se tiene la fase de agotamiento que ocurre al momento en que una nueva idea tarda mucho en salir.

La duración de las sesiones es variable pero oscila sobre la media hora. El método es aplicable a cualquier problema que se proponga de forma simple y directa. Puede ser utilizado en cualquier fase del diseño tanto para fijar lineamientos como para los detalles (Milani R, 1997).

1.5.3 MÉTODO DEL ANÁLISIS MORFOLÓGICO

El análisis morfológico consiste en desglosar el problema en varios parámetros, para luego buscar soluciones alternativas a cada parámetro, teniendo las soluciones de un parámetro se pueden enlazar con las soluciones de otro y así generar una solución general al problema. Por ejemplo, si un problema tiene tres (3) parámetros (A, B, C) y de estos podemos obtener varias soluciones como:

- De A tenemos (a1, a2, a3).
- De B tenemos (b1, b2).
- De C tenemos (c1, c2, c3).

Con estas soluciones tenemos una conjugación de (3 X 2 X 3) 18 soluciones generales al problema; lo bueno de este método es que es capaz de generar ideas nunca antes pensada y es recomendable analizar cada solución sin importar su factibilidad (Milani R, 1997).

1.5.4 SINÉCTICA

Más que un método de diseño es una nueva escuela creada por William J. Gordon que se fundamenta en las siguientes premisas:

- La eficacia creativa de las personas aumenta si se les hace comprender los procesos psicológicos que se ponen en funcionamiento.
- En el proceso creativo el componente emocional es más importante que el intelectual, el irracional es más importante que el racional.

Consiste en un método de diseño conformado por dos (2) personas, preferiblemente de diferentes profesiones, las cuales junto a un psicólogo que hará el papel de moderador en las sesiones de diseño, estimula el uso de metáforas y de analogías directas y simbólicas para tratar de ver el problema de distintos ángulos (Milani R, 1997).

1.5.5 ANÁLISIS DE CUALIDADES

Este método a diferencia de los anteriores expuestos, es un método que busca el rediseño de un producto y no el diseñar nuevos sistemas, su fin es desglosar el proceso de producción para disminuir su costo o aumentar su producción con el fin de mejorarlo. Este método está muy ligado al área industrial y es muy útil para la fabricación en masa.

Los pasos a dar según el profesor (Milani R, 1997) son los siguientes:

1. Se crea un grupo de diseño con representantes de varios departamentos (diseño, manufactura, compras, etc.) y se les entrena debidamente.
2. Se identifican todos elementos del producto a rediseñar, sus funciones, sus costos y sus cualidades.

3. Para cada elemento se procede a la búsqueda de alternativas con costos más bajos.
4. Se seleccionan los elementos nuevos que sean funcionales.
5. Presentación del rediseño.

El método es interesante y con un poco de imaginación puede ser extrapolable a otras situaciones en que no se desea el cambio total sino la mejora de algo (Milani R, 1997).

1.5.6 INNOVACIÓN FUNCIONAL

Este método se utiliza para el diseño alternativo, es decir, cuando se desea encontrar una solución distinta a la o las existentes para una necesidad. Son diseños alternativos los diferentes métodos para preparar una comida, este método esta compuesto por las siguientes fases:

1. Se identifican todos los elementos del sistema existente y se especifica la función de cada uno.
2. Una vez conocidas las funciones de todos los elementos se define la función del todo existente.
3. Se establece una nueva función del todo corregida y mejorada.
4. Se procede al diseño del nuevo sistema utilizando los métodos anteriormente descritos.

Lo fundamental de este método es que para poder diseñar un sistema alternativo al o a los existentes, es preciso conocer lo que hace (la función completa) el sistema existente (Milani R, 1997).

CAPITULO II

DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD SISTEMA INTEGRAL DE RECOLECCION DE DATA (SIRD)

Para realizar el diseño conceptual de un modelo, es necesario saber las necesidades, funciones y requisitos que debe cumplir, ya que éstos limitarán el alcance del mismo. Es indispensable conocer qué elementos externos se van a colocar en el modelo, para facilitar su instalación y adaptación al prototipo.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE CÁMARAS A COLOCAR PARA LA RECOLECTA DE DATA

InTech proporciona entre sus gama de servicios, la venta de cámaras para grabaciones de seguridad, sensores de movimiento, etc. Dichas cámaras son parte de una subdivisión denominada Vivoteck, (véase figura 2.1) que tiene 3 series de cámaras, de acuerdo a las exigencias y requerimientos del cliente. Debido a que una de las condiciones de diseño de la unidad SIRD (Sistema Integral de Recolección de Data) era ajustarlo a varias cámaras, se seleccionó la cámara más pesada junto a unas posibles celdas solares para realizar los cálculos correspondientes.

Figura 2.1 Cámaras Utilizadas por InTech

2.2 CONDICIONES ACTUALES DEL GRUPO INTECH

El proceso de instalación actual consiste en llevar un grupo de técnicos a los semáforos, evaluar las condiciones de la zona para determinar los componentes a instalar. Luego de buscar dichos componentes e instalarlos, se tiene que colocar la cámara en un ángulo específico para obtener la mayor captura de data. Sin embargo, esto llevaba tiempo debido a que los semáforos tienen una altura específica y a veces los camiones obstruyen la vista de la cámara. A partir de estos inconvenientes, se decidió crear un proyecto que solventara estos problemas, obteniendo un modelo de altura ajustable y que a su vez permita almacenar los componentes requeridos para la instalación de la cámara.

2.3 REQUISITOS DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LA UNIDAD SIRD

InTech busca una máquina que pueda elevarse 11 metros de altura y sea de fácil traslado e instalación, de igual manera que sea autónoma durante 3 días, que cuente además con diversos sistemas de seguridad como evitar el agua sobre los instrumentos y actos de vandalismo.

Después de conocer las expectativas de la compañía, se realizó una reunión con el jefe de proyecto para la familiarización con los sistemas a instalar en el prototipo y obtener un conocimiento general de las restricciones y limitaciones del diseño; con esto se obtuvieron los datos de partida, como: tamaño máximo, forma de transporte, peso de componentes, disponibilidad económica y utilidad del producto (véase tabla 2.1). Luego de limitar el problema se encontraron soluciones existentes en el mercado como la Scout (véase figura 1.1), para tener una mejor perspectiva de la utilización del sistema a diseñar.

Tabla 2.1 Requisitos de la Unidad SIRD

Requisitos
Tamaño manejable que pueda ser transportado dentro de una camioneta no pick up.
Autosuficiente en lo referente a energía.
Economía a la hora de fabricar los modelos.
Fácil adaptabilidad, para el ajuste de varios funcionamientos.

2.4 PRESENTACION Y COMPARACIÓN DE MODELOS PRELIMINARES

En un principio la compañía dividió el proyecto en dos (2) partes, la base y el sistema de elevación, una vez asignado cada proyecto se procedió a generar ideas mediante los mecanismos de inversión y analogía, de esta manera se realizó una tormenta de ideas donde efectivamente se generaron los modelos que a continuación se comparan y se explican.

2.4.1 MODELO PROPUESTO 1-A BASE CILÍNDRICA.

Este modelo se ilustra en la figura 2.2 es una base cilíndrica, donde se colocará el sistema de elevación en el centro para luego acoplarse a un mecanismo neumático o hidráulico que permita accionar dicho sistema. Las ranuras en la parte exterior son el asiento de las patas que se desplegarían para una mayor estabilidad. Las ventajas y desventajas se pueden observar en la tabla 2.2.

Figura 2.2 Base Cilíndrica.

Tabla 2.2 Ventajas y Desventajas de la Base Cilíndrica con Respecto a la Base Cuadrada.

Ventajas	Desventajas
Compacto	No tiene espacio para almacenar
Fácil acoplar con el sistema de elevación	Debido a su poca altura las patas no son muy largas y tiene una alta factibilidad de volcarse
Fácil mantenimiento	Alto costo de fabricación
Mas resistente al viento	

.

2.4.2 MODELO PROPUESTO 2-A BASE CUADRADA.

Este modelo se ilustra en la figura 2.3. Es una base cuadrada donde se colocará el sistema de elevación en la viga central interna para luego acoplarse a un mecanismo neumático, hidráulico o mecánico que permita accionar dicho sistema, la viga esta sujeta por pequeñas vigas para darle mayor rigidez; las piezas triangulares en las esquinas son las bisagras que sujetan las patas del modelo. Las ventajas y desventajas se pueden observar en la tabla 2.3.

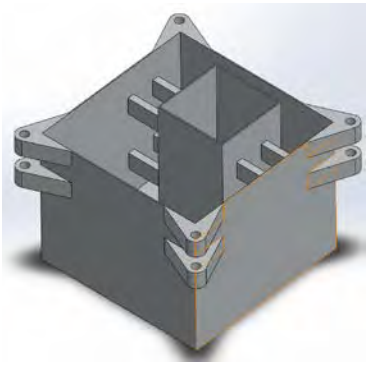


Figura 2.3 Base Cuadrada.

Tabla 2.3 Ventajas y Desventajas de la Base Cuadrada con Respecto a la Base Cilíndrica.

Ventajas	Desventajas
Tiene espacio para almacenar	Tiene mayor peso
Fácil acoplar con el sistema de elevación	Menos resistente al viento
Permite acople de patas extensibles	Fabricación de bisagras complejo
Fácil de transportar	

2.4.3 MODELO PROPUESTO 1-B SISTEMA DE ELEVACIÓN TIPO TIJERA.

Este modelo se ilustra en la figura 2.4. Es un sistema de elevación tipo tijera (scissor), Se mueve hacia arriba cuando las barras entrecruzadas que se encuentran debajo de la plataforma suben juntas, empujando el resto del sistema hacia arriba. Permite al operador adaptar cualquier altura para un mejor ajuste de la cámara. Las ventajas y desventajas se pueden observar en la tabla 2.4.

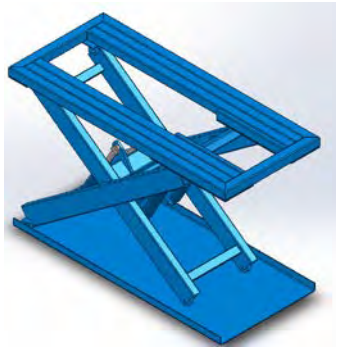


Figura 2.4 Elevación Tipo Tijera.

Tabla 2.4 Ventajas y Desventajas de la Elevación Tipo Tijera con Respecto al Mecanismo de Elevación Telescópico.

Ventajas	Desventajas
Altura ajustable	Alto costo de fabricación
Ajustable a diversos accionamientos de elevación. (neumático, hidráulico, manual)	Muy grande y pesado para trasportar
Fácil mantenimiento	Alta factibilidad de pandeo
Compacto al estar cerrado	

2.4.4 MODELO PROPUESTO 2-B SISTEMA DE ELEVACIÓN TELESCÓPICO.

Este modelo se ilustra en la figura 2.5 es un sistema de elevación telescópica, Se mueve hacia arriba mediante un conjunto de poleas (polipasto) sometidos a tensión. Permite al operador adaptar cualquier altura para un mejor ajuste de la cámara. Las ventajas y desventajas se pueden observar en la tabla 2.5.

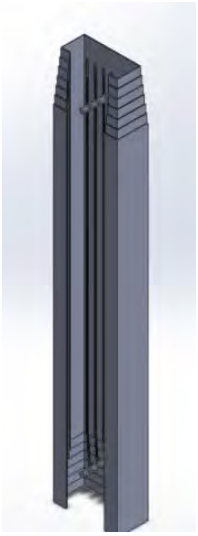


Figura 2.5 Elevación Telescópica.

Tabla 2.5 Ventajas y Desventajas de la Elevación Telescópica con Respecto al Mecanismo de Tipo Tijera.

Ventajas	Desventajas
Altura ajustable	Posible pandeo
Bajo peso	Sistema delicado en la zona de las poleas
Fácil mantenimiento	
Compacto al estar cerrado	
Bajo costo de fabricación	

Luego de plasmar los diferentes modelos, junto a un grupo de ingenieros analizando las ventajas y desventajas, se determinó que los modelos más recomendados son la base cuadrada y el sistema de polipasto, ya que eran más livianos y económicos, además de ser sencillos de fabricar, por ende cumplen todos los requisitos del diseño; una vez decidido esto, se procedió a analizar cuál de los posibles mecanismos de elevación ya existentes, se pueden adaptar y determinar cual de ellos cumple con los requisitos (véase la tabla 2.6).

Tabla 2.6 Sistemas de Elevación y bases

Bases	**Precio de Fab.**	**Peso**	**Portabilidad**	**+ 2 piezas**	**Tiempo Const.**	**Energia**
Cilíndrica	Alto	Bajo	Media	N/A	Alto	N/A
Cuadrada	Bajo	Medio	Alta	N/A	Medio	N/A

Elevación						
Mecánico	Bajo	Medio	Media	No	Medio	Bajo
Hidráulico	Alto	Alto	Baja	Si	Alto	Alto
Neumático	Alto	Medio	Baja	Si	Alto	Alto
Pull/Push	Bajo	Medio	Media	Si	Bajo	Medio

Los sistemas hidráulico y neumático fueron las principales ideas pero son costosas y pesadas para un sistema portátil, por ende se planteó un mecanismo manual o pull/push con una base cuadrada, pues proporcionaba más espacio, fácil de cargar y construir.

Debido a los requisitos ya expuestos en la tabla 2.1; el modelo 1-B fue descartado, ya que requiere de muchos componentes para funcionar completamente y no cumple con el factor económico; además al plantear un sistema cilíndrico por etapas como los señaladores telescópicos (modelo 1-A) el grupo de ingenieros respondió positivamente, sin embargo, acoplar este modelo con un sistema mecánico pull/push se determinó complicado y con altas dificultades de construcción. A raíz de esto se modificó el sistema cilíndrico por

el rectangular (modelo 2-B); buscando una solución de elevación, se quiso introducir en el sistema la capacidad de elevarse a cualquier altura que sea requerida, siempre y cuando se mantenga dentro del rango; por ende se procedió a desarrollar los modelo 2-A y 2-B de las figuras 2.3 y 2.5.

El desarrollo del SIRD, se divide en dos (2) piezas principales, la base donde se encuentran los componentes eléctricos y la recolección de data; y el sistema de elevación, el cual llevará la cámara y posibles celdas solares. Al acoplar las dos (2) piezas se procede a colocar la cámara en la tapa superior y desplegar las patas de la base para asegurar el sistema durante la elevación, luego se recoge el cable de acero mediante un sistema de engranaje que permiten una relación cómoda para su fácil giro y permitir subir toda la estructura.

En un primer instante por falta de un experto en el área electrónica, se efectuaron investigaciones sobre los sistemas de alimentación de energía y se realizaron reuniones con personas experimentadas en esta rama, lo cual llevó a una búsqueda de baterías que cumplieran con los requisitos mínimos de alimentación de corriente es decir, los 12 voltios para la cámara y una duración de al menos 72 horas. Se escogió las baterías YAKE, dado a que esta compañía también fabrica paneles solares (posible colocación en el prototipo) y son compatibles para la recarga de la batería (Véase figura 2.6).

Figura 2.6 Batería (YAKE Solar).

CAPITULO III

DISEÑO EN DETALLE DE LOS COMPONENTES DE LA SIRD

3.1 CÁLCULOS Y MODIFICACIONES DE DISEÑO DEL PROTOTIPO

Tras determinar los requisitos básicos del prototipo se procedió a definir los parámetros del mismo, los cuales son:

- Evitar el pandeo del modelo debido a la altura de alcance del prototipo.
- Liviano, ya que se busca un prototipo portátil.
- De fácil uso y mantenimiento.
- De acuerdo al proceso de fabricación del prototipo se determino que el material venga en forma de láminas.

Se buscó un material que cumpliera con estas condiciones y se escogió el aluminio, debido a su baja densidad, fácil manejabilidad y su resistencia a la corrosión. Se buscaron proveedores para ver qué tipos de láminas existían en el mercado; y Alinca es el único que proporciona rollos de aluminio de hasta 3mm de espesor, dichos rollos son de aluminio 3003- H18 con las siguientes propiedades:

Tabla 3.1 Propiedades del Aluminio 3003 – H18 (MatWeb, 1996)

Propiedad	Valor	Unidad
Modulo de Elasticidad	6.90E+10	N/m^2
Radio de Poissons	0.33	N/A
Modulo de Corte	2.50E+10	N/m^2
Densidad	2730	kg/m^3

Resistencia a la Tracción	200000000	N/m^2
Resistencia a la Compresión	-	N/m^2
Resistencia a la Fluencia	185000000	N/m^2
Coeficiente de Expansión Térmica	2.32E-05	/K
Conductividad Térmica	155	W/(m·K)
Calor Especifico	893	J/(kg·K)

Una vez obtenidos los requisitos, parámetros y materiales, se comenzó un análisis de los modelos propuestos, para determinar si soportaban el pandeo, fatiga, deflexión y cargas cortantes.

3.2 VERIFICACIÓN DE PANDEO EN COLUMNAS

Debido a que el alcance de la estructura debe ser 11 metros de altura, se debe priorizar el cálculo del pandeo, ya que es muy probable que este ocurra si la estructura no posee una inercia adecuada, dicho cálculo permite conocer la carga crítica que soporta la estructura sin pandearse; además, de acuerdo a la forma en la que se encuentra sujeta la columna, tiene asociado un factor de esbeltez.

Fue escogido el mecanismo de polipasto para el sistema de elevación, ya que es capaz de proveer una altura ajustable sin accesorios neumáticos o hidráulicos y solo requiere de una relación de transmisión para el ajuste de tensiones.

Un primer modelo desarrollado fue rectangular con forma de "C" (Figura 3.1) por su sencilla construcción y mantenimiento, pues, las poleas se ubican una al lado de la otra y son fácilmente perceptibles para un futuro engrase o cambio, como se muestra en la figura:

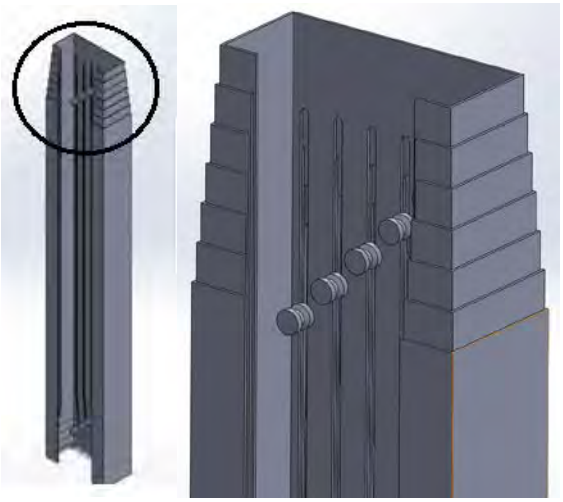


Figura 3.1 Modelo Inicial Rectangular en SolidWorks®.

El mecanismo de elevación consiste en un grupo de poleas móviles y fijas, las cuales unidas a través de un cable de acero al aplicar una tensión las poleas móviles se trasladaran hacia las fijas, generando la elevación de la estructura (véase figura 3.2).

Figura 3.2 Arreglo de Poleas en Modelo Rectangular

Los primeros cálculos de pandeo, respaldaron lo que se creía en un principio, el fácil pandeo de la estructura (véase figura 3.3), a pesar de los intentos en reducir el tamaño del rectángulo, esto se debe, a que la estructura tenía una baja inercia en dirección del eje x - x; debido al espacio para el engrase de las poleas, además de una alta factibilidad de que las poleas se trancaran por la poca distancia entre una y la otra.

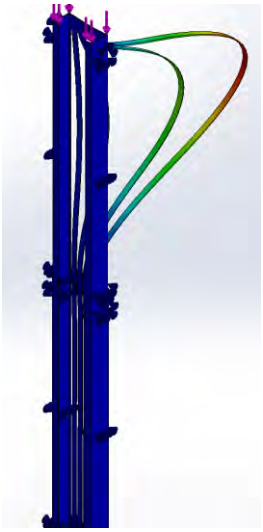


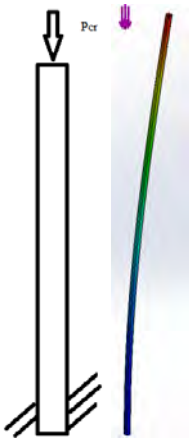
Figura 3.3 Estudio Pandeo en SolidWorks®.

Esto llevó a un análisis más profundo del modelo para una mejora; y buscando productos que trabajen con sistemas de polipastos, que contengan una inercia mayor y una forma simétrica para simplificar su fabricación y cálculos, se encontró con las torres de iluminación, las cuales fueron diseñadas para su transporte a lugares donde no hay fuente de energía, ni ubicación elevada de iluminación; dicha estructura por sí misma es muy grande y tendría que trasportarse en un remolque, pero se tomaron ideas de su funcionamiento como el polipasto y su forma básica, para que se ajuste al modelo.

A partir de esto, fue modificado el modelo para tener una estructura cuadrada (véase figura 3.4) y así una mayor inercia y simetría, además, fue cambiada la ubicación de las poleas para que estén alineadas y usando varios cables de acero para facilitar la elevación del sistema.

Figura 3.4 Modelo Cuadrado en SolidWorks®.

El cálculo se modeló como una columna empotrada en la base y libre en la punta, (véase figura 3.5a), por lo que el sistema tiene un coeficiente de esbeltez de K=2. Usando la de carga crítica tomando los datos del material de la tabla 3.1 y tomando una longitud total de 11 metros se puede determinar la carga crítica o máxima que puede soportar la columna sin pandearse, la cual es de P_{cr} = 2902 N equivalente a 290 Kgf. Dicho cálculo se comparó con el estudio hecho en SolidWorks (véase figura 3.5b) y fueron semejantes, asimismo se debería realizar en dos (2) planos, sin embargo, por ser una pieza simétrica la inercia es igual para ambos ejes, por ende sólo se realizó el cálculo en un solo eje (x-x), y además para optar por el caso mas desfavorable se utilizó el tamaño de la última etapa.



a. Diagrama de Cuerpo Libre b. Estudio de SolidWorks®

Figura 3.5 Análisis de Pandeo.

Luego de el análisis en el sistema de elevación, éste se procedió a acoplar con la base, la cual se diseño tomando en cuenta el modelo 2-A (figura 2.3) se realizó una reunión con los técnicos de campo que estarán en contacto permanente con el modelo y dichas personas nos plantearon sus ideas y dudas, de esta manera se logró optimizar el modelo para una mejor manejo (véase figura 3.6).

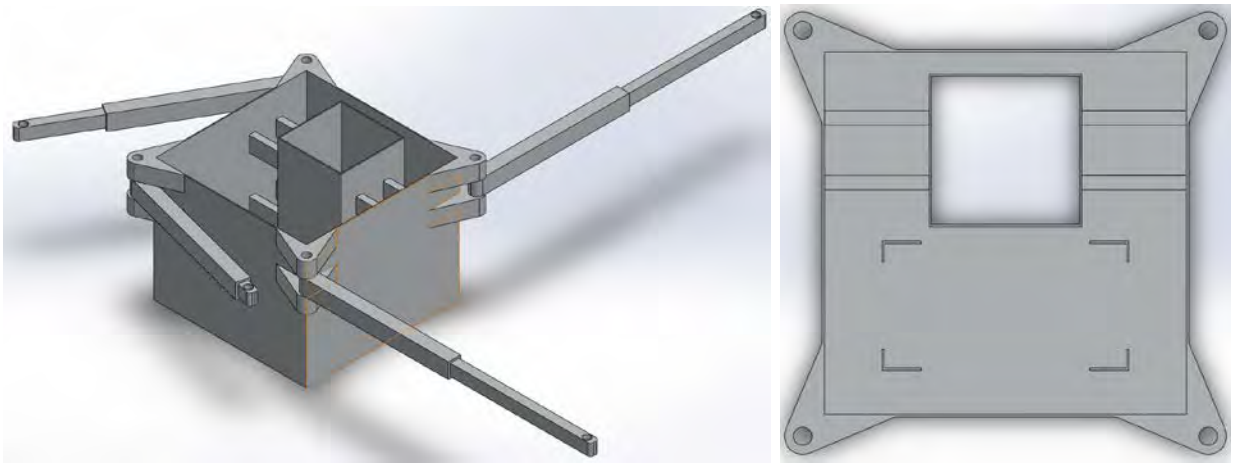


Figura 3.6 Base Cuadrada con Base para Batería

3.3 VERIFICACIÓN A VOLCAMIENTO

Para determinar la condición de volcamiento de la estructura se mantuvo la premisa que subiría 11 metros de altura, de manera tal, que había que decidir cuál es la velocidad del viento para calcular la longitud de las patas en la base (véase figura 3.7) y evitar dicho vuelco. Para ello se calculó la velocidad del viento según la norma COVENIN-MINDUR-2003-86, la cual arrojó como resultado un viento de 42 Kph aproximadamente, dicho número fue comprobado con varias páginas de meteorología nacional[i] donde los vientos máximos registrados no superaban los 21 Kph (véase tabla 3.2), en condiciones normales. Para realizar un análisis más exacto se procedió a modelar el viento como una

[i]Tiempo – Pronostico 14 Días, disponible en: Meteored.com.ve
Tiempo y hora, disponible en: http://tiempoyhora.com/Am%C3%A9rica-del-Sur/Venezuela/Caracas/Caracas
Unidad Meteorológica, (2010), disponible en: met.ivic.gob.ve

fuerza distribuida a lo largo de la estructura arrojando una presión de 98.18 Pa, utilizando la sección lateral real de toda la estructura; gracias a esto se determinó la distancia mínima para evitar el volcamiento de la estructura y fuerza requerida para volcarla.

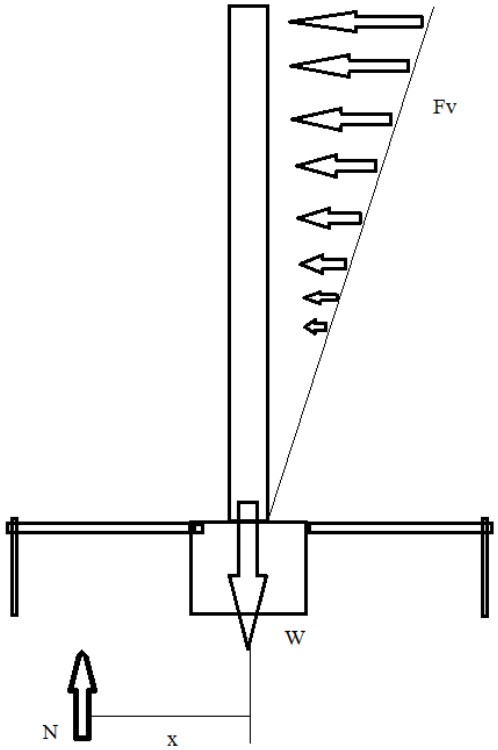


Figura 3.7 Diagrama de Cuerpo Libre (Volcamiento)

A partir de esto se calculó la distancia mínima de las patas (véase figura 3.7) y las distintas fuerzas que se deben aplicar en la parte alta, media y baja de la estructura para que vuelque (véase tabla 3.3); obteniendo con las patas desplegadas y rectas una distancia "x" de 0.81855 m y la distancia "x" mínima requerida es de 0.791 m, mas adelante por cambios en la estructura la distancia de las patas aumento evitando el volcamiento.

Tabla 3.2 Velocidades y Presiones del Viento (Cleanergysolar.com, 2011)

Presión frontal del viento, en función de su velocidad.

v (m/s)	v (km/h)	p (N/m²)	p (kp/m²)	v (m/s)	v (km/h)	p (N/m²)	p (kp/m²)
5	18	15	1.6	33	118.83	666	67.9
6	21.6	22	2.2	34	122.4	707	72.1
7	25.2	30	3.1	35	126	749	76.4
8	28.8	39	4	36	129.6	792	80.9
9	32.4	50	5.1	37	133.2	837	85.4
10	36	61	6.2	38	136.8	883	90.1
11	39.6	74	7.5	39	140.4	930	94.9
12	43.2	88	9	40	144	978	99.8
13	46.8	103	10.5	41	147.6	1028	104.9
14	50.4	120	12.2	42	151.2	1078	110
15	54	138	14	43	154.8	1130	115.4
16	57.6	157	16	44	158.4	1184	120.8
17	61.2	177	18	45	162	1238	126.3
18	64.8	198	20.2	46	165.6	1294	132
19	68.4	221	22.5	47	169.2	1351	137.8
20	72	245	25	48	172.8	1409	143.7
21	75.6	270	27.5	49	176.4	1468	149.8
22	79.2	296	30.2	50	180	1528	156
23	82.8	323	33	51	183.6	1590	162.3
24	86.4	352	35.9	52	187.2	1653	168.7
25	90	382	39	53	190.8	1717	175.2
26	93.6	413	42.2	54	194.4	1783	181.9
27	97.2	446	45.5	55	198	1849	188.7
28	100.8	479	48.9	56	201.6	1917	195.6
29	104.4	514	52.5	57	205.2	1986	202.7
30	108	550	56.1	58	208.8	2057	209.9
31	111.6	588	60	59	212.4	2128	217.2
32	115.2	626	63.9	60	216	2201	224.6

En la figura 3.8 se puede observar los 3 rectángulos que representan las distintas posiciones de las patas, para que haya más distancia entre la línea de volcamiento y centro de masa.

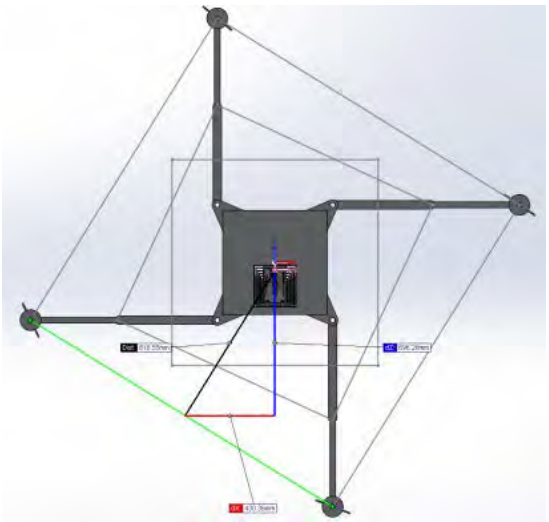


Figura 3.8 Análisis de la Distancia de Volcamiento (Vista inferior)

Tabla 3.3 Fuerzas requeridas para el volcamiento.

Distancia desde la base (m)	Fuerza (N)
11.5	86.52
5	199
1.5	663.3

3.4 VERIFICACIÓN A FLUENCIA

Se analizó el sistema en conjunto de las patas desplegables mediante un diagrama de cuerpo libre, figura 3.9, para determinar las reacciones en los apoyos, se tomó en cuenta la situación más desfavorable, es decir, un momento generado por el viento sobre la cámara instalada en la punta, mientras que la estructura se encuentra extendida a 11 metros.

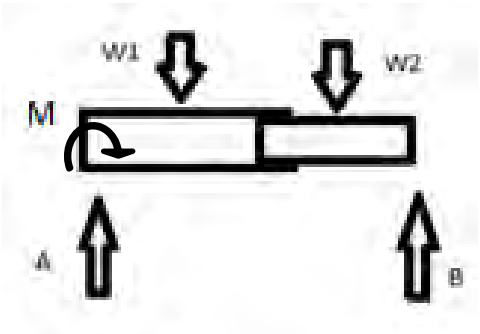


Figura 3.9 Diagrama de Cuerpo Libre en Conjunto de las Patas

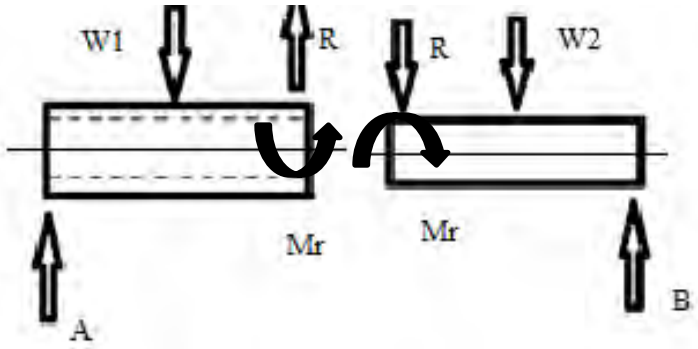
Los resultados de las reacciones se muestran en la tabla 3.4:

Tabla 3.4 Fuerzas en las Patas

Fuerza	Valor	Unidad
W1	18.437	N
W2	24.566	N
A	1063	N
B	1106	N
M	986.294	N*m

3.4.1 DEFLEXIÓN MÁXIMA DE LAS PATAS

A partir de estos resultados se procedió a calcular la deformación máxima que puede ocurrir, debido al momento M que se genera a raíz de que el sistema de elevación se encuentra extendido completamente y el viento ejerce la mayor fuerza posible; utilizando las funciones de discontinuidad (véase tabla 1.1) dando una deformación 0.797mm; ya que el alto de las patas es de 80mm, el porcentaje de deformación es aproximadamente 1%, entrando dentro del porcentaje de elongación máximo según las propiedades del aluminio otorgada por Metweb. Luego las patas se separaron en dos (2) partes para su análisis independiente referente a flexión y esfuerzo cortante (véase figura 3.10).



a) Pata Hueca Rectangular b) Pata Maciza Rectangular

Figura 3.10 Diagrama de Cuerpo Libre de las Patas

3.4.2 FLEXIÓN DE LAS PATAS

Para calcular la flexión a la que se encuentran sometidas las patas, se utilizó la ecuación de flexión máxima (véase Anexo B), para determinar si es posible soportar el momento máximo antes de volcar la estructura, sin que se genere deformación plástica. Para ello se determinó la inercia de forma para cada pata, tanto hueca como maciza (véase figura 3.10), junto a su distancia más lejana del eje neutro dando como resultado la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Fuerzas en las Patas

Pata Hueca (Rectangular)

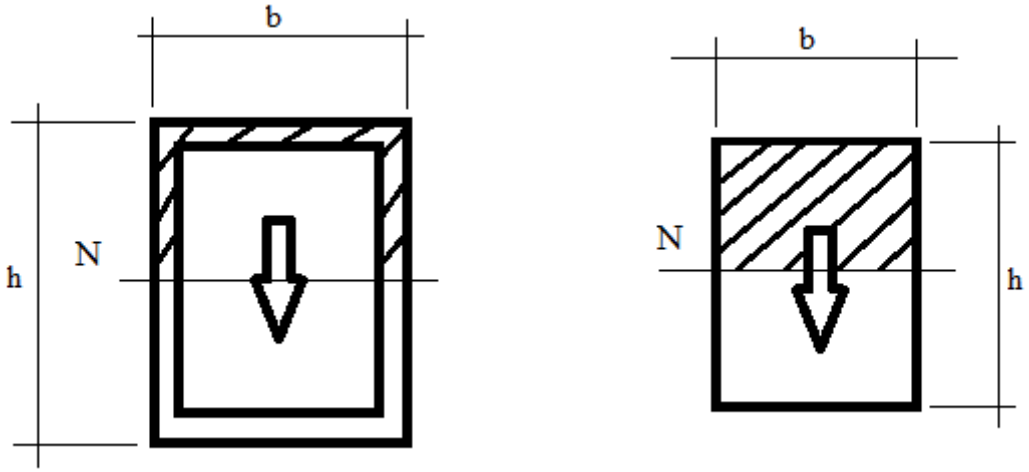
Variables	Valor	Unidad
M	986.294	N*m
c	0.040	m
I	9.73x10-7	m^4
σ_{max}	40.547	MPa
Sy	185	MPa

Pata Maciza (Rectangular)

Variables	Valor	Unidad
M	986.294	N*m
c	0.034	M
I	7.337x10-7	m^4
σ_{max}	45.707	MPa
Sy	185	MPa

3.4.3 ESFUERZO CORTANTE EN LAS PATAS

El esfuerzo cortante es importante analizar, ya que las patas por ser desplegables, una de ellas es hueca y la otra maciza (véase figura 3.11); la pata hueca es más factible que falle por corte debido al poco espesor de la pieza, además por su ubicación en el suelo, existe la posibilidad de que una persona se pare encima de esta, ya sea de forma intencional o no, y podría colapsar la estructura. A raíz de esto se supuso una carga vertical que superara el peso promedio de una persona (70 Kgf) y se aplicó un factor de seguridad de 3 dando como resultado 2066 N, es decir, 210 Kgf aproximadamente para generar el mayor corte posible; utilizando la ecuación de corte máximo (véase Anexo B) se procedió a determinar dicho esfuerzo como muestra la tabla 3.6, para luego ser comparado con un estudio en SolidWorks los números fueron cercanos (véase la figura 3.12).



a) Pata Hueca Rectangular b) Pata Maciza Rectangular

Figura 3.11 Diagrama de Cuerpo Libre para Esfuerzo Cortante

Tabla 3.6 Fuerzas en las Patas

Pata Hueca

Variables	Valor	Unidad
V	2066	N
b	0.040	M
h	0.080	M
I	9.73x10-7	m^4
τ_{max}	2.76	MPa
Sy	185	MPa

Pata Maciza

Variables	Valor	Unidad
V	2066	N
b	0.028	M
h	0.068	M
I	7.337x10-7	m^4
τ_{max}	1.628	MPa
Sy	185	MPa

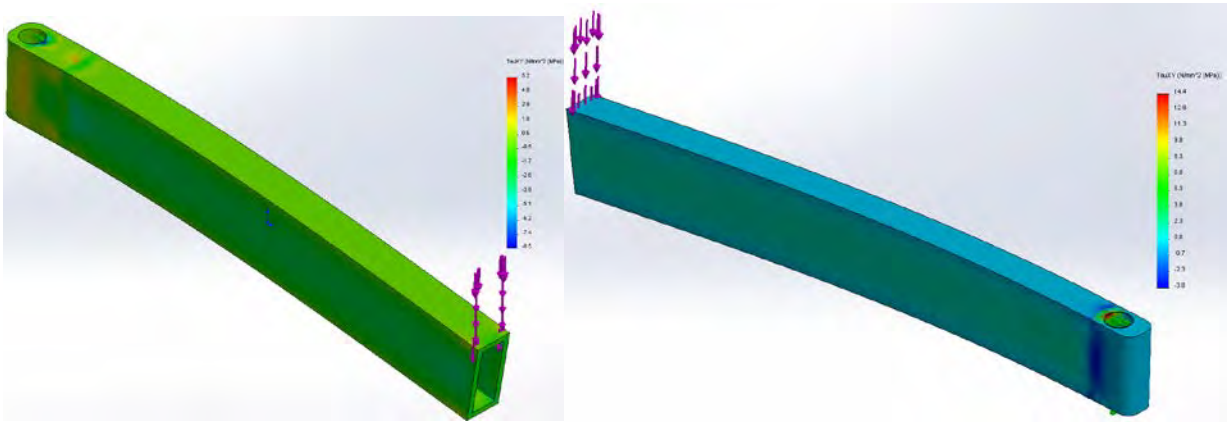


Figura 3.12 Estudio de Corte en las Patas en SolidWorks®.

Los resultados que arrojó el SolidWorks® fueron similares al cálculo en Mathcad, un promedio de 2 MPa para los esfuerzos cortantes máximos en las dos (2) patas, y de igual manera se obtuvo un esfuerzo a tracción de 50 MPa en la pata maciza y 42 MPa en la pata hueca.

3.5 VERIFICACIÓN A FATIGA

Se utilizará la teoría de Wöhler, dado a que la carga que genera el viento sobre la estructura, se traduce en un momento alternante sobre las patas, se determinaron varios factores de corrección (véase tabla 3.7), que son indispensables para determinar el número de ciclos que soporta la pata. Luego se utilizaron las ecuaciones de Wöhler para crear el diagrama (véase Tabla 3.8 y figura 3.13 y Anexo B)

Tabla 3.7 Factores de Corrección

Factor	Para	Valor
Tipo de carga (CL)	Flexión Alternativa	CL = 1
Tipo de carga (CL')	Flexión Alternativa	CL' = 0.9
Tamaño de pieza (Cd)	Carga Axial Alternativa	Cd = 1
Acabado Superficial	Aproximación de Gráfico	Cs = 0.9
Temperatura	T<450°F	Ct = 1

Tabla 3.8 Esfuerzos Actuantes sobre la Patas.

Esfuerzo	Valor (MPa)
σ_{max}	45.707
S_u	186
S_n'	93
S10^6	83.7
S10^3	167.4

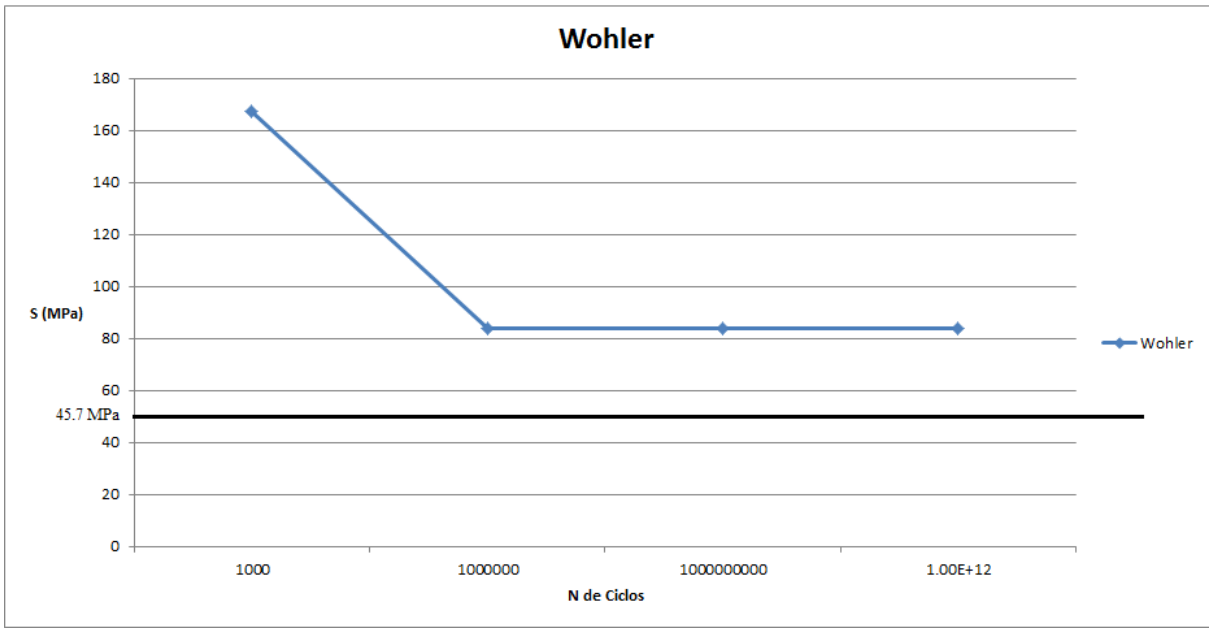
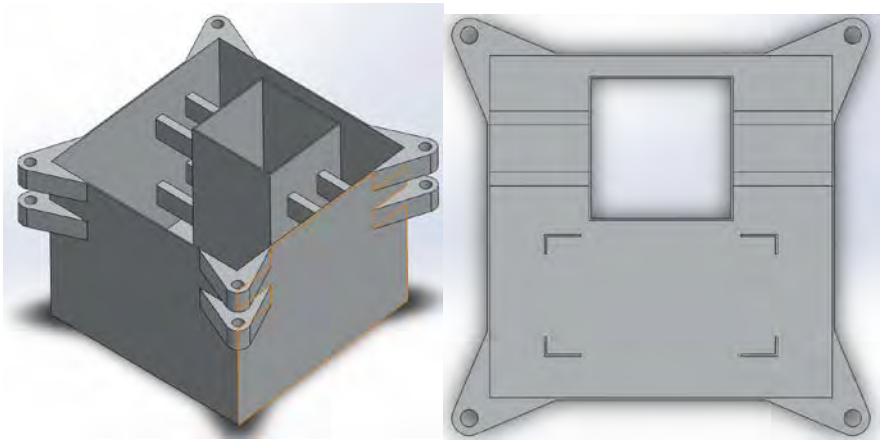


Figura 3.13 Diagrama de Wöhler

Una vez obtenido el diagrama se puede observar que las patas de la estructura tienen una vida infinita, ya que el esfuerzo generado por la carga es de 45.7 MPa y se encuentra por debajo del limite de fatiga.

Una vez hechos los cálculos principales se mostró la primera alternativa a los técnicos de campo (ver figura 3.14) para obtener una realimentación y optimizar el modelo.



Vista Isométrica Vista superior

Figura 3.14 Base Cuadrada en SolidWorks®.

Para eliminar un poco de peso, se decidió que las barras de soporte, que ayudan a mantener erguido el sistema de elevación con respecto a la base, fueran huecas (véase apéndice A, base cuadrada).

3.6 ENSAMBLAJE Y PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MODELO

3.6.1 MODELO DE CARTÓN

Durante la fabricación del modelo se encontraron varias dificultades e inquietudes, principalmente se buscó realizar un modelo económico, por ende se analizaron los distintos tipos de material con los que se pudiese fabricar el prototipo, como: cartón, acrílico, metal, etc. ya que fabricarlo de metal o acrílico no era la opción más económica; se optó por un cartón denso, rígido y económico capaz de modelar el prototipo sin ningún problema.

Luego se procedió a decidir cuál escala se utilizara en el modelo y se propuso en un principio fabricar el modelo completo y a escala natural, pero la compañía no justificaba algo tan grande, ya que el objetivo del prototipo era determinar su funcionalidad, mejoras y practicidad; para ello no era necesario fabricar todo el

prototipo, de manera tal, que se propuso fabricarlo a escala 0.25, pero al diseñarlo en SolidWorks® se observó de que la escala no era posible de mantener, ya que el espesor del cartón era la mitad del modelo a escala real.

Una vez superado este desafío, se optó por realizar el modelo a escala 1:2 para que se mantenga la escala del modelo real, ya que las medidas de las etapas están sujetas al espesor de las láminas; la desventaja fue que no se fabricó por completo el modelo, sólo se fabricaron 2 etapas para mostrar su funcionalidad. Para fabricar el modelo en un principio se creó un patrón de desarrollo de las piezas, para luego ser introducidos en la máquina que cortará el cartón, se realizaron en AutoCAD, figura 3.15, para luego cargarlas en la cortadora de cartón (véase figura 3.16); y al ser reproducidas se doblaron y pegaron los pliegues para armar todo la estructura.

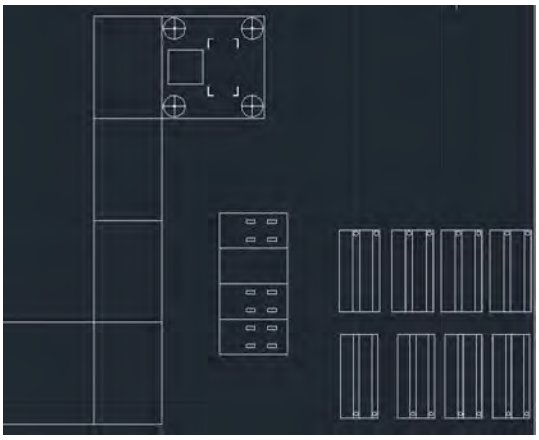


Figura 3.15 Patrón de Desarrollo en AutoCAD.

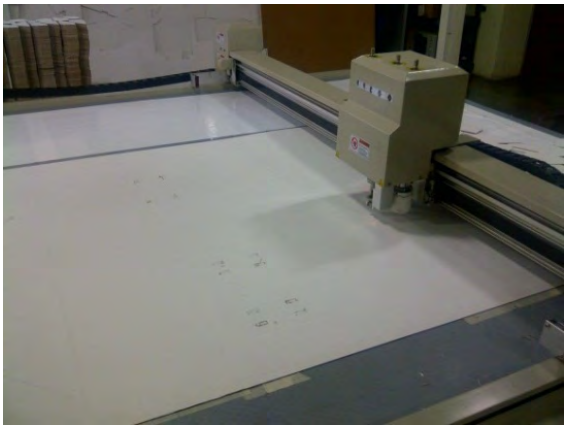


Figura 3.16 Cortadora de Cartón CNC.

Luego de pegar todas las partes y armar el ensamble, el modelo comenzó a tener forma como se muestra en la figura 3.17:

Figura 3.17 Prototipo Inicial en Cartón.

Por último se buscaron los materiales para las poleas y los pasadores, para los cuales se utilizaron una barra de aluminio y una tubería de cobre, de 25mm y ¼ de pulgada respectivamente, la barra de aluminio fue maquinada en un torno para fabricar las poleas en serie y luego se cortaron una a una (véase figura 3.18).

Figura 3.18 Poleas Torneadas.

Dichas poleas funcionaban para desplegar el sistema de elevación (véase figura 3.19), las cuales se distribuían en poleas sencillas y dobles para tener una distribución del peso de las etapas.

Figura 3.19 Poleas Dobles del Modelo de Cartón Tensionadas.

Se reunió para mostrar el modelo a los técnicos de campo y ellos pidieron que se mantuviesen varias condiciones tales como: que fuera impermeable, de fácil acceso y ruedas para desplazar una vez instalado. También se hicieron ajustes para fijar las patas para que sea más compacto y sencillo de transportar. Aparte de eso se encontraron varios detalles que afectaban el prototipo: en primer lugar las poleas giraban sobre bujes con vaselina, no sobre rodamientos, lo que no permitía un buen giro de las poleas; en segundo lugar las bases de las poleas no eran lo suficientemente rígidas. Debido a esto las tensiones aumentaban y la estructura pandeaba creando dobleces en el material (véase figura 3.19). Para resolver dicho problema se procedió a fabricar un nuevo modelo pequeño en metal (véase figura 3.21) que solo permitiera evaluar sí el sistema de poleas propuesto funcionaba o no de manera correcta.

3.6.2 MODELO DE METAL

Fabricar el modelo en metal es muy parecido a hacer el de cartón, con la diferencia de que para doblar se debe utilizar una máquina dobladora; primero se tiene el patrón de desarrollo en AutoCAD para luego cargarlo con el programa Lantek® (programa que transforma los comandos de la máquina a CNC) para que se realicen los cortes adecuados en la punzonadora Vipros (véase figura 3.20).

Figura 3.20 Punzonadora Vipros.

A continuación se colocan las láminas en la dobladora para obtener la forma en "c" del modelo; por último, para economizar la fabricación del modelo, se diseñaron, fabricaron y soldaron las bases para rodamientos para simular las poleas, ya que la compra de unas poleas aumentaban el precio; se pintó el modelo para darle un acabado estético para su presentación y demostración (véase figura 3.21).

Figura 3.21 Prototipo Secundario en Metal.

Una vez fabricado el modelo metálico, se probó el sistema, el cual lamentablemente no funcionó, pues se quedaba atorado; sin embargo, sirvió para darse cuenta de los inconvenientes que presentaba el sistema; se revisaron los cálculos y se observó unas discrepancias con los diagramas de cuerpo libre, de manera tal que la tensión que baja la estructura es mayor que la de subida. Una vez resuelto el problema, se logró mejorar el sistema haciéndolo mas sencillo y económico.

3.7 CÁLCULO DE TORNILLOS Y REMACHES

3.7.1 REMACHES

Para la selección de los remaches adecuados se debe multiplicar el espesor de la chapa más gruesa (tg) que va a utilizarse por tres, y convertirse al diámetro del remache especificado en la Tabla 1.2. En el caso del SIRD las láminas a unir son de t = 3mm:

$$tg \times 3 = 9 \text{ mm.}$$

Este resultado ha de convertirse o redondearse a la medida comercial más cercana en fracción de pulgada, encontrándose que 1/4" (0,25") es el más cercano. Por lo tanto, pueden utilizarse remaches de 1/4".

Conocido el diámetro del remache, ha de seleccionarse su longitud, la cual es la suma de cada espesor de chapas más una vez y medio el diámetro del remache.

Entonces las sumas de espesores de las láminas (Slam) y el Diámetro del remache (dremac) son:

$Slam = t_1 + t_2 = 3 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$

L = Slam + 1.5 (dremac) = 10,762 mm.

Donde:

t_1 = El espesor de la lamina a juntar.

t_2 = El espesor de la otra lamina a juntar.

El espacio entre remaches (Véase la Figura 3.22), debe tomar en cuenta la distancia desde el centro del agujero al borde y la distancia entre sus centros, ésta debe ser como mínimo de 2 veces el diámetro del remache y como máximo ha de ser de 24 veces el espesor de la chapa más fina utilizada (NAI, 2010).

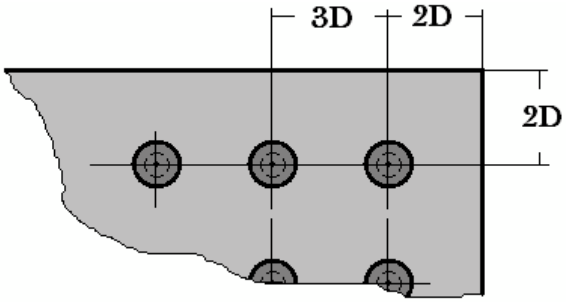


Figura 3.22 Distribución de espacio entre los Remaches (NAI, 2010).

3.7.2 TORNILLOS Y REMACHES A CORTE

Para los tornillos y los remaches se calcula la falla por corte de la misma forma, cumpliendo que el esfuerzo cortante sea menor que el esfuerzo admisible; utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\tau = \frac{F}{n*A} < \tau_{adm} \tag{1.1}$$

$$\tau_{adm} = \frac{Sy}{2*\varphi} \tag{1.2}$$

Donde F es la fuerza a corte, n el número de tornillos o remaches, A el área del tornillo, Sy resistencia a fluencia y φ factor de seguridad; para el calculo de los

tornillos de las ruedas, se planteó que las patas soportarán 400 Kgf, ya que si una persona se montaba en las patas, podría comprometer la estructura, se realizaron los cálculos para determinar si soportan esa carga y dio como resultado un $\tau = 10.32$ MPa siendo menor al $\tau_{adm} = 13.8$ MPa.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Se logró la construcción de un primer modelo en cartón (véase figura 4.1), el cual permitió un análisis preliminar y una optimización del mismo; observando los detalles importantes en ambos sistemas como: la posición de las poleas, la forma en la que se pasa el cable, su adaptabilidad en campo, su facilidad al moverse ya instalado, la fijación de las patas, espacio para los componentes, etc.

Figura 4.1 Primer Modelo Fabricado Cartón.

Una vez analizado el primer modelo se procedió a fabricar un pequeño modelo en metal (véase figura 4.2) para verificar el sistema de poleas, en el cual se percibió que la forma en la que se pasa el cable no es funcional, dado este percance se procedió a rediseñar el sistema de elevación, cambiando las poleas

dobles por sencillas y eliminando las poleas internas, para economizar y facilitar su fabricación (véase figura 4.3). Aunque esto fue adicional al concepto inicial del proyecto, dado que el sistema de elevación no es parte del proyecto, sirvió para conocer un poco más sobre las máquinas de control numérico y plantas de pintura electrostática.

Figura 4.2 Segundo Modelo en Metal (Elevación).

Figura 4.3 Sistema de Elevación Optimizado En SolidWorks.

A raíz de estas modificaciones se incrementó el tamaño de la base y se colocaron todos los extras requeridos, también se agregaron los cálculos de remaches y tornillos para fijar las bisagras de las tapas y las ruedas giratorias respectivamente, como se muestra a continuación en la figura 4.4.

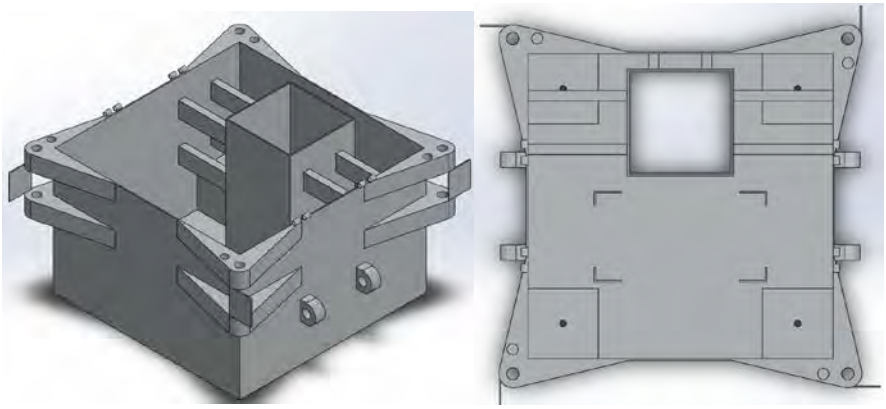


Figura 4.4 Modelo Final en SolidWorks.

Por último se logró fabricar un segundo modelo final de la base, que cumpliese con las expectativas de los técnicos de campo y los objetivos planteados, siendo dicho modelo un poco más grande, con sistema de anclaje de patas, mayor espacio para los componentes electrónicos y un espacio para colocar las ruedas que le darán la movilidad cuando este instalado (véase figura 4.5), sirvió para ilustrar a los técnicos y al jefe de proyecto sobre cómo sería el SIRD portátil.

Figura 4.5 Segundo Modelo en Cartón (Base).

No se pudo fabricar el nuevo modelo de elevación por falta de tiempo, sin embargo se expuso con todos los detalles el modelo final al jefe de proyecto, para que observase los cambios hechos en el prototipo. También se explicó que realizar pruebas con el prototipo, no era lo mas recomendado ya que este no tiene las mismas propiedades mecánicas que el sistema real a fabricar, sólo se podía apreciar versatilidad, estabilidad y despliegue.

Al modelo real se colocaron manillas y sistemas de retenes para guardar las patas; se simplificó el sistema de elevación y se ensambló para mostrar a los técnicos de campo, los cuales se encontraron satisfechos con el modelo y quedando con un peso total de 120 Kg (véase figura 4.6).

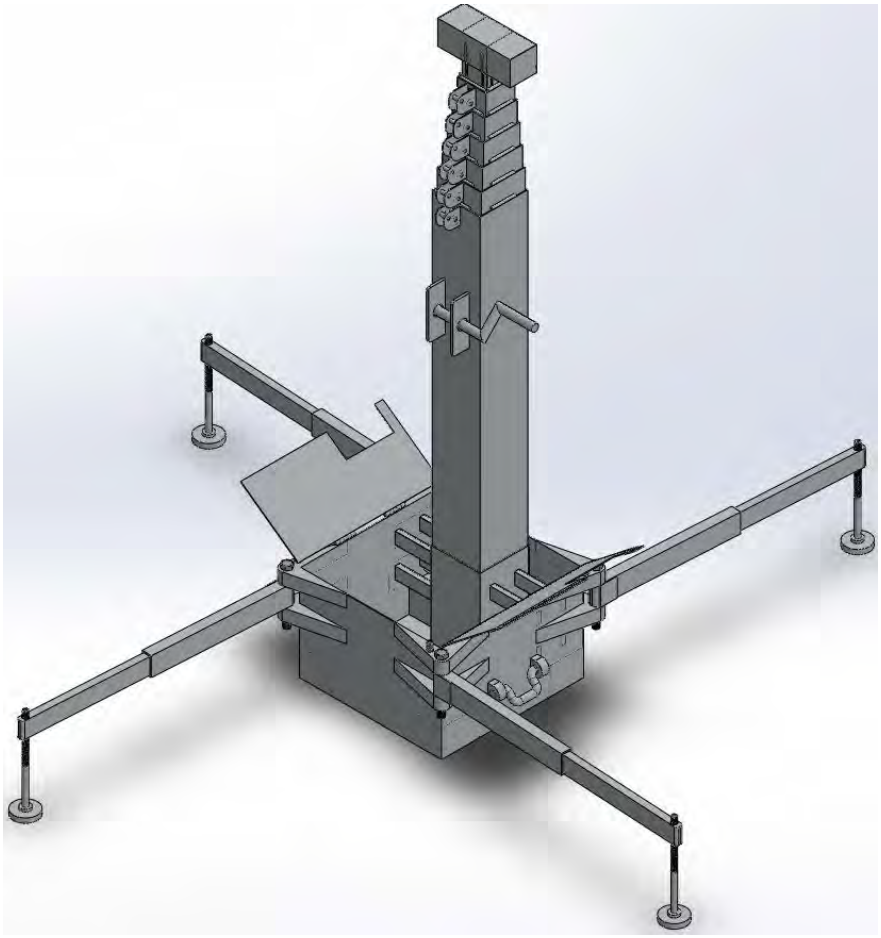


Figura 4.6 Modelo Final en SolidWorks.

4.1 TIPS DE MANTENIMIENTO

Es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones, dado a que una vez construido el prototipo de aluminio que alcanzará los 11 metros de altura va a requerir de un control trimestral para su óptimo funcionamiento.

- Cada 3 meses aflojar y lubricar los pernos que sujetan las patas desplegables, debido a que se encuentran a la intemperie y los pernos tienden a oxidarse y pegarse.
- En caso de usar rodamientos con válvulas para engrase, es recomendable hacerlo cada 3 meses.
- Cada 6 meses engrasar todos los tornillos del SIRD (patas, retenes, pernos, etc)
- Cada año es requerido el desarme del sistema de elevación, para llevar un control del cable de acero.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se diseñó un sistema estructural para el soporte de un dispositivo de medición de tránsito vehicular portátil, el cual, se adapta a las necesidades de la compañía y cumple con los requisitos básicos.

Se establecieron condiciones y requisitos que delimitaron la problemática de la compañía, de igual manera, se investigo sobre las posibles soluciones en el mercado y éstas no cumplían con las necesidades, por ende, se plantearon varias propuestas, de las cuales se extrajo la más idónea, para después desarrollarla y analizarla en detalle. Una vez analizado el modelo conceptual se procedió a la fabricación.

Se logró la construcción de un primer modelo, el cual, a pesar de no funcionar correctamente, permitió un mejor análisis y revaluación de los conceptos para una adaptación de lo ya hecho. Se pudo determinar lo importante que son los modelos y la interacción entre el grupo de personas que estarán en contacto directo con dicho proyecto, pues a pesar que como ingenieros se tenga la perspectiva, idea y noción del proyecto, siempre las personas que se verán afectada por el proyecto comentaran sus ideas para obtener un mejor rendimiento. Además no solo se construyo un modelo, sino que se pudo fabricar 2 (dos) mas, los cuales permitieron ver el tiempo invertido en el proyecto y los posibles errores que se tuvieran en el desarrollo.

El acople del sistema estructural con el mecanismo de elevación se logró exitosamente y se creo un espacio para la colocación de los componentes eléctricos.

Recomendaciones

Es recomendable, determinar la posibilidad de crear una jaula de acero con ángulos, que tenga la posibilidad de extraerse de la base, para la fabricación de las bisagras de las patas, ya que siendo de aluminio, hay que fijarlas con remaches o tornillos debido a que soldar las láminas se considera complicado y costoso. También es importante calcular una relación entre la altura del sistema y la extensión de las patas desplegables, dado a que en lugares incómodos o pequeños, que no permitan el despliegue completo de las patas, no se podrá elevar toda la estructura, ya que el riesgo de volcamiento aumentaría. Por último la búsqueda de reducir el peso sería de gran importancia, ya que esto permitirá que modelo sea aún más versátil y liviano, dando una mayor maniobrabilidad.

REFERENCIAS

Alinca. "Productos en Venta en Venezuela". Disponible en Internet: http://www.alinca.com/Productos/rollos_aluminio.html, consultado el 1 de Junio de 2012.

Argenrap. (2005), "Como seleccionar correctamente nuestros remaches". Disponible en Internet: http://www.argenrap.com/prod0003.asp, consultado el 11 de Agosto de 2012.

Arrizabalaga, N, (1979), "Calderería técnica I", Paraninfo, España, Madrid, pp 13, 14, 23, 44-53.

Boccardo R, (2006), "Creatividad en la Ingeniería de Diseño", Equinoccio, México.

Bowles, J, (1993), "Diseño de Acero Estructural", Editorial Limusa S.A. México, pp 396-402, y 465-477.

Budynas R, Nisbett J, (2008), "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley", McGraw Hill, Octava edición, México.

Clavijo A, Torrealba R, (2004), "Elementos de Maquinas I", Guía teórica Venezuela, Sala de Reproducciones USB.

Clavijo A, Torrealba R, (2004), "Elementos de Maquinas II", Guía teórica, Venezuela, Sala de Reproducciones USB.

CLEANERGYsolar. (2007), "Tutorial – Cálculo de La Fuerza del Viento sobre La Estructura de Los Paneles". Agosto 24. Disponible en Internet: http://www.cleanergysolar.com/2011/08/24/tutorial-calculo-de-la-fuerza-del-viento-sobre-la-estructura-de-los-paneles-o-colectores-solares/, consultado el 24

de Mayo de 2012.

D'Ambrosio, Sergio. (2010), "Clima". Disponible en Internet: http://www.monografias.com/trabajos4/elclima/elclima.shtml#_Toc481237679, consultado el 24 de Mayo de 2012.

Gutiérrez, Jorge. (1986) "Acciones del Viento sobre las Construcciones". Disponible en Internet: http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/leyes/leyes/suramerica/venezuela/otranorm/Evaluacion_Codigo_por_Viento.pdf, consultado el 24 de Mayo de 2012.

Hibbeler, R. C., (2004), "Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática", Pearson Educación, Décima edición, México, S.A de C.V. Atlacomulco, pp 379-433.

Hibbeler, R. C., (2006), "Mecánica de Materiales", Pearson Educación, Sexta edición, México, S.A de C.V. Atlacomulco, pp 112-113, 263-326, 373-422, 587-613, 669-712.

Martinez, A. R, (2008), "Criterios Fundamentales para Resolver Problemas de Resistencia de Materiales", Equinoccio, Volumen II, Venezuela, Valle de Sartenejas, Baruta, pp 183-233.

MatWeb. (1996), "Información sobre los Materiales". Disponible en Internet: http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=91c99440833341fc8fbe1d26149bc35e, consultado el 21 de Mayo de 2012.

Milani R, (1997), "Diseño para Nuestra Realidad", Equinoccio, Venezuela, Valle de Sartenejas, Baruta, pp 49-60.

Nortrop Aeronautical Institute (NAI), (2010)."Manual de remachado", pp 1-19. Disponible en Internet: http://www.ultraligero.net/Sitios/Planos/Documentos/Como_remachar/como_rem

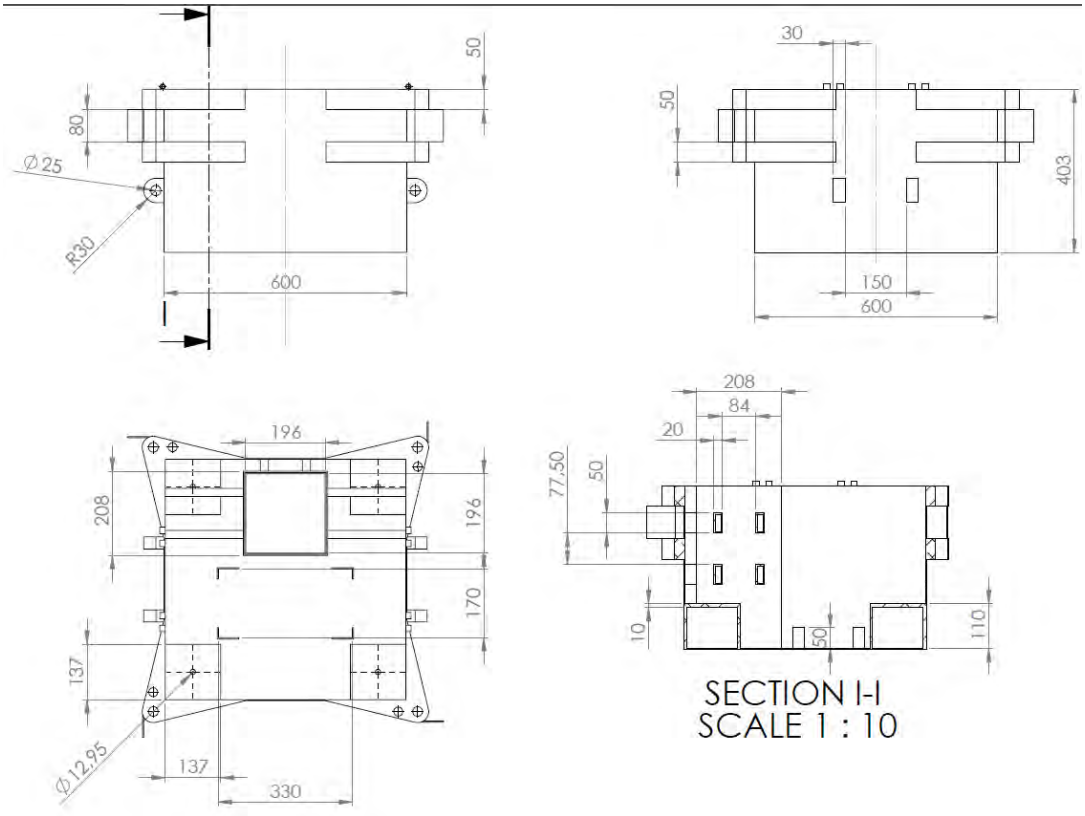
achar.pdf consultado el 10 de Agosto 2012.

Tecnosefarad, 2010, "Unidad 3. Mecanismos", disponible en: http://www.tecnosefarad.com/wp-content/archivos/eso_3/unid_didacticas/ud_03_mecanismos.pdf.

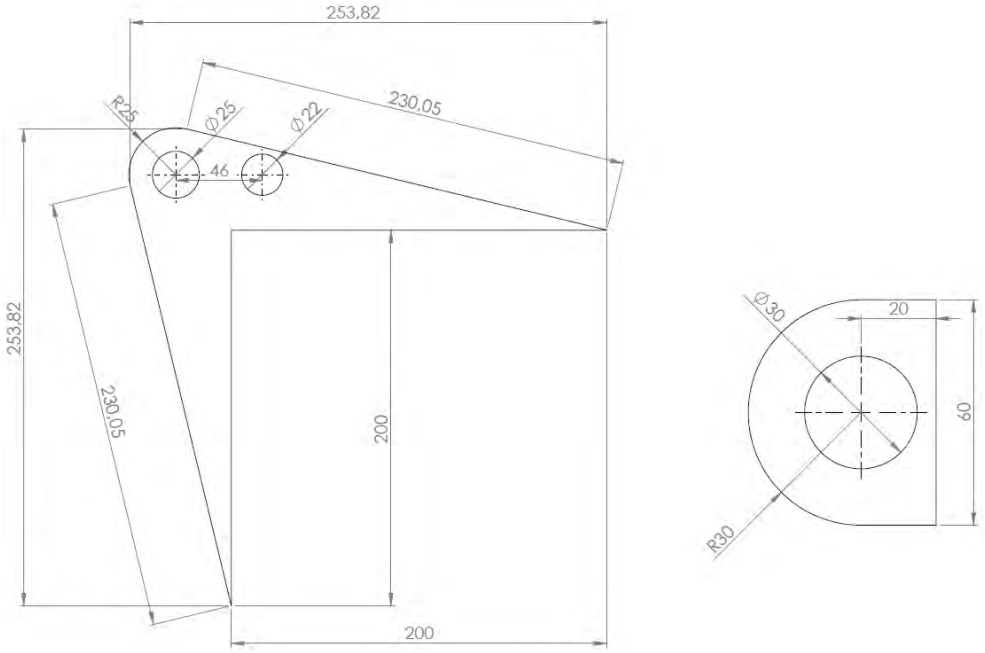
Universidad Mayor de San Simón (UMSS), (2004), "Manual de Tecnología Mecánica II", Facultad de Ciencias y Tecnología, Cochabamba, Bolivia, pp 200-219, 264-282, Julio, disponible en Internet: http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/, consultado el 15 de Agosto de 2010.

Wacker Neuson. (2012), "Manual de Reparación", pp 136-142. Disponible en Internet: http://products.wackerneuson.com/manuals/Repair/0163722es_001Rep.pdf, consultado el 4 de Julio 2012.

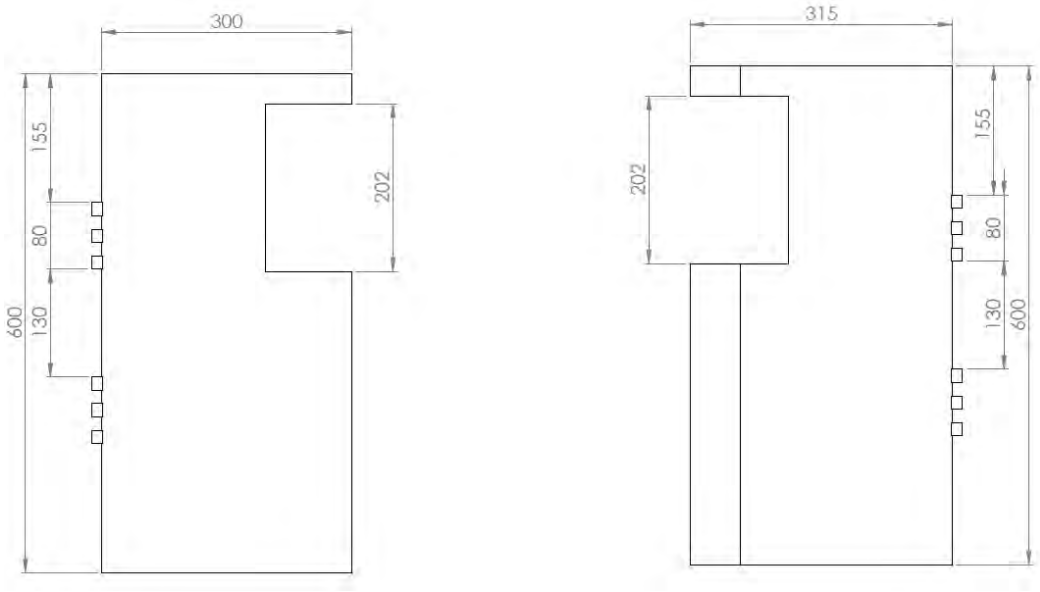
APENDICE A



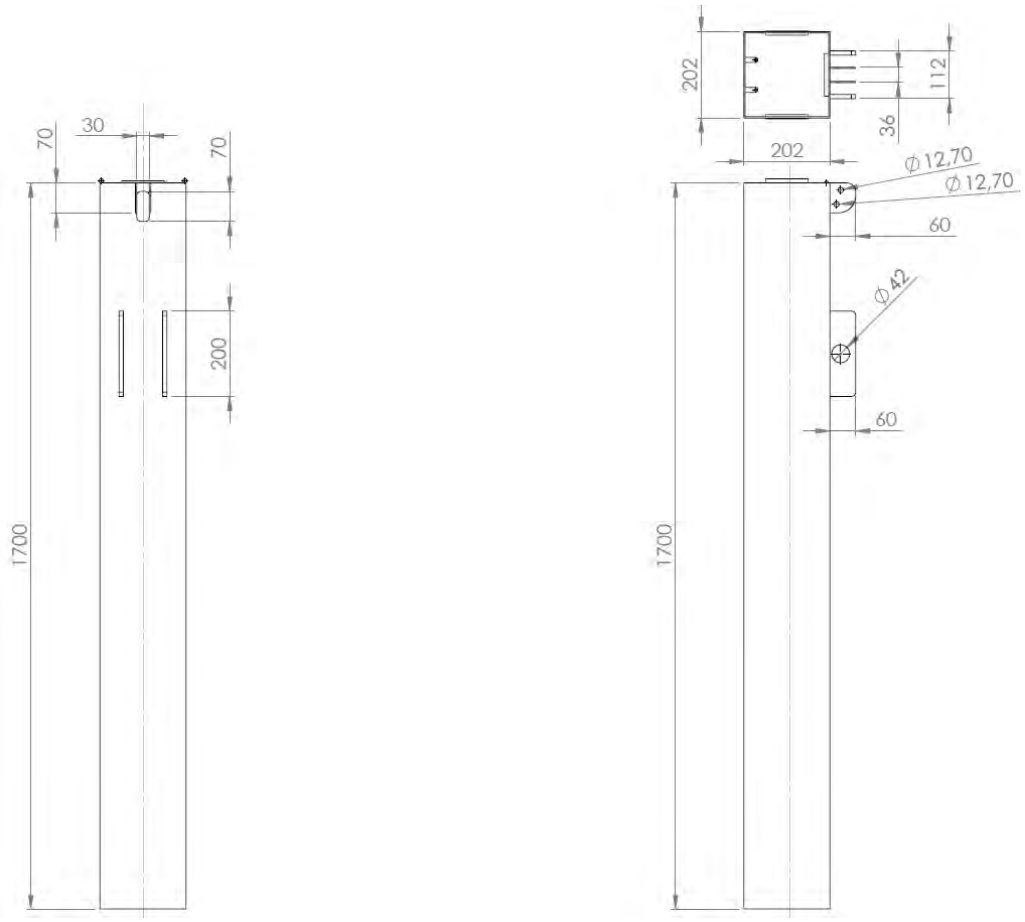
Base Cuadrada



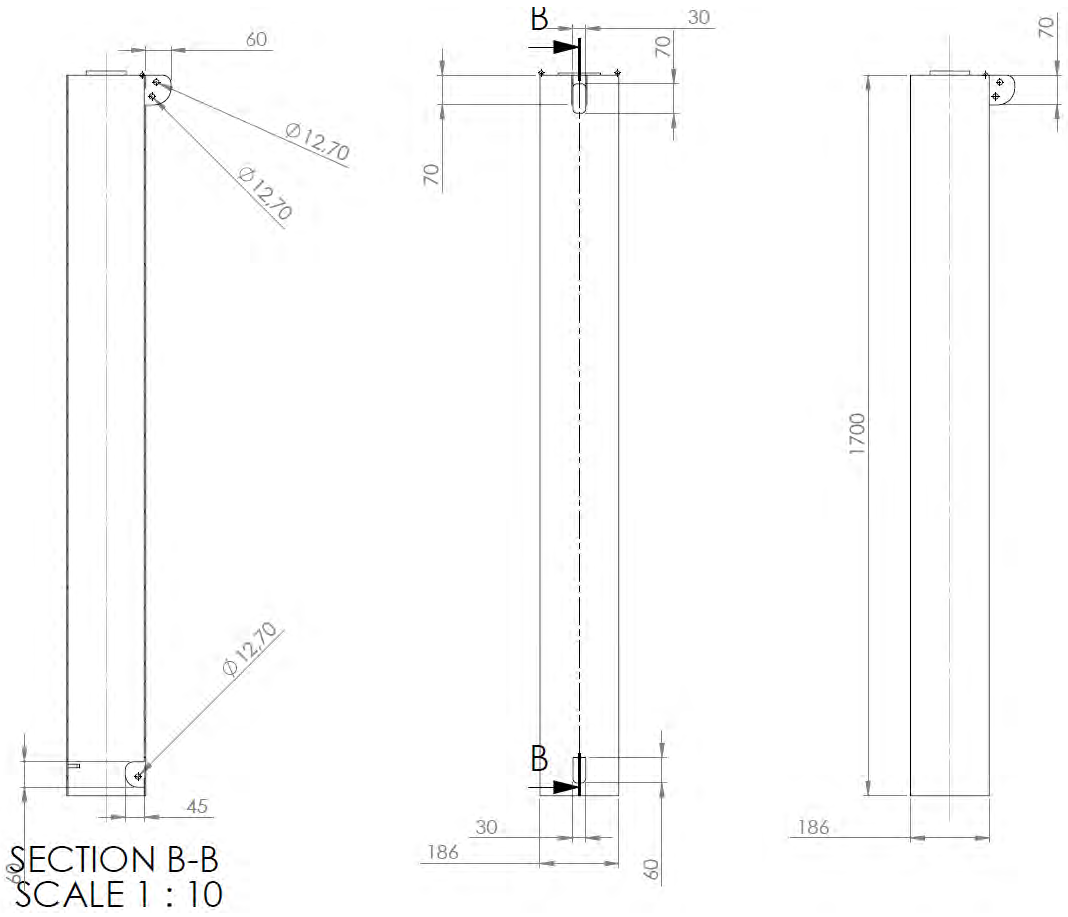
Bisagra y Manilla de la Base



Tapas Superiores de la Base



Miembro Estructural 1 (1era Etapa)



Miembro Estructural 2 (2da Etapa)

APENDICE B

Pandeo de columnas empotradas

$Sy := 186MPa = 26.977 \cdot ksi$ $\sigma_y := Sy$

$$Pcr = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$$ Donde $K := 2$ Debido a que la columna esta empotrada en la base y el otro extremo libre

$L := 11.44m$ Longitud de columna

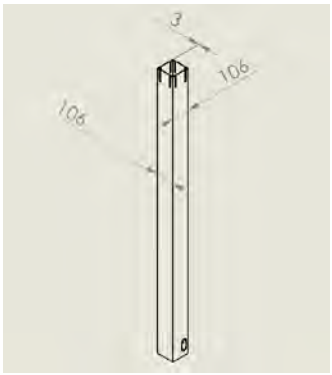
$E := 6.9 \cdot 10^{10} \cdot \frac{N}{m^2}$ $A := 1236mm^2$

$$I := \left[\frac{106mm \cdot (106mm)^3}{12} - \left[\frac{100mm \cdot (100mm)^3}{12}\right]\right] = 2.187 \times 10^{-6} m^4$$

$$Pcr := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2} = 290.152 \cdot kgf$$ estudio cercano a SolidWorks $r := \sqrt{\frac{I}{A}} = 0.042\,m$

$$\sigma_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} = 2.302 \cdot MPa$$ $\frac{K \cdot L}{r} = 543.889$

Dicho estudio se debería realizar en dos (2) planos sin embargo por ser una pieza simétrica solo se realizara un calculo por el lado donde la inercia es desfavorable



batería=31.5 kg

Volcamiento

Distancia entre centro de masa y posición mas desfavorable al volcamiento

$\frac{B}{2} = 472.93$ mm

Sumatoria de fuerzas en "x" y "z"

se procede a determinar la (X) distancias de la normal para el volcamiento

$W = Nc$

$f - F_v = 0$ $\mu := 1.02$

$F_v \cdot 11.44m - Nc \cdot X = 0$

$f = \mu \cdot Nc$

$W := 124.031kg \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} = 1.216 \times 10^3 N$

$f := 1.02 \cdot 124.031 = 126.512$

Posición de patas diagonal

$X := 0.45m$

La fuerza máxima a calcular que soporta la estructura sin volcarse OJO dicha fuerza es puntual y se encuentra ubicada en la punta

$F_v := \frac{W \cdot X}{11.44m} = 47.813 N$

Fuerza máxima en la punta es de 4KgF para evitar el volcamiento y soportar el viento, sin embargo, dicha fuerza es muy pequeña para optimizar es recomendable aumentar dicha distancia para evitar cualquier percance.

Para realizar un análisis mas exacto se procederá a modelar el viento como una fuerza distribuida a lo largo de la estructura

asumiendo una fuerza resultante a una altura de 6m

$$F_w := \frac{W \cdot X}{6m} = 91.163 N$$

Área lateral (costado de estructura)

$Base := 141550mm^2$

$Me1 := 270882 \cdot mm^2$

$Me2 := 303306.48mm^2$

$Me3 := 275714.5mm^2$

$Me4 := 249952.78mm^2$

$Me5 := 22402.3mm^2$

$Me6 := 198014.54mm^2$

$Me7 := 170948.74mm^2$

$Area_{tot} := Base + Me1 + Me2 + Me3 + Me4 + Me5 + Me6 + Me7 = 1.633 m^2$

Calculo del viento para Venezuela según Norma COVENIN-MINDUR-2003-86. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN)

$k := 0.010$ $h := 5m$ $\beta := 4.5$ $z_g := 370m$ $\rho := 1.233 \frac{kg}{m^3}$ $\alpha := 0.9$ $V := 70kph$ $C_f := 1$

$$K_z := 2.58 \cdot \left(\frac{5m}{z_g}\right)^{\frac{2}{\beta}} = 0.381 \qquad \delta_h := 2.35 \cdot \frac{k^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{5}{9}\right)^{\frac{1}{\beta}}} = 0.268$$

$$G_h := 0.65 + 3.65 \cdot \delta_h = 1.627 \qquad q_z := 0.00485 \cdot K_z \cdot \alpha \cdot V^2 = 0.629 \frac{m^2}{s^2}$$

$$w := q_z \cdot G_h \cdot C_f \cdot Area_{tot} = 1.671 \frac{m^3}{kg} \cdot N \qquad Cd := 1.17$$

$$P := \frac{\rho \cdot Cd \cdot (42kph)^2}{2} = 98.178\,Pa$$ Presión calculada según normal al lateral de la estructura

Recalculando La fuerza resultante de acuerdo a la velocidad del viento en Venezuela

$$Frv := P \cdot Area_{tot} = 160.302\,N$$ dicha fuerza ejercida por el viento Frv

$$X := \frac{Frv \cdot 6m}{W} = 0.791\,m$$ distancia obtenida con la pata recta y desplegable
X = 0.81855m mayor que la requerida para soportar el viento

$$F_{bv} := \frac{W \cdot 0.81855m}{1.5m} = 663.3\,N$$

$$F_{cv} := \frac{W \cdot 0.81855m}{5m} = 198.99\,N$$ Fuerza máxima que soporta la estructura en la base, centro y extremo respectivamente

$$F_{ev} := \frac{W \cdot 0.81855m}{11.5m} = 86.517\,N$$

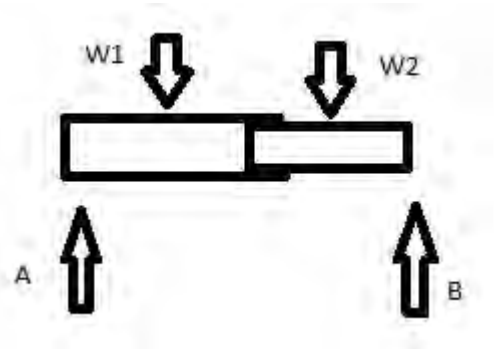
Fluencia

Sistema en Conjunto

$W1 := 1.880kg \cdot g = 18.437\,N$

$W2 := 2.505kg \cdot g = 24.566\,N$

$M_o := 86.517\,N 11.4m = 986.294\,J$



Given

$W_1 := 18.437 \qquad W_2 := 24.566 \qquad M_0 := 986.294$

$A + B = W_1 + W_2$

$B \cdot 0.91 = W_1 \cdot 0.215 + W_2 \cdot (0.673) + M_0$

$A := 1$

$B := 1$ *semillas*

$$\begin{pmatrix} Aval \\ Bval \end{pmatrix} := \text{Find}(A, B) = \begin{pmatrix} -1.063 \times 10^3 \\ 1.106 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

Fuerzas generadas en los soportes debido a la fuerza ejercida en el extremo de la estructura

$A := -1063 \ N \quad B := 1106N$

Deformación máxima (Funciones de Discontinuidad)

$w = -A \cdot (x - 0)^{-1} + W_1 \cdot (x - 0.215)^0 - M_0 \cdot (x - 0)^{-2} + W_2 \cdot (x - 0.673)^{-1}$

$V = -A \cdot (x - 0)^0 + W_1 \cdot (x - 0.215)^0 - M_0 \cdot (x - 0)^{-1} + W_2 \cdot (x - 0.673)^0$

$M = -A \cdot (x - 0)^1 + W_1 \cdot (x - 0.215)^1 - M_0 \cdot (x - 0)^0 + W_2 \cdot (x - 0.673)^1$

$v(x) := A \cdot (x - 0)^1 + W_1 \cdot (x - 0.215)^1 - M_0 \cdot (x - 0)^0 + W_2 \cdot (x - 0.673)^1$

$\int A \cdot (x - 0)^1 + W_1 \cdot (x - 0.215)^1 - M_0 \cdot (x - 0)^0 + W_2 \cdot (x - 0.673)^1 \, dx \rightarrow -0.00049019752018878486898 \cdot (1019.997 \cdot x + 1006.790873$

$\int 0.00047977185888566268968 \cdot (1042.162 \cdot x + 1000.505908)^2 \, dx \rightarrow 1.5345402438573615544096 5e\text{-}7 \cdot (1042.162 \cdot x + 1000.505908)^3$

Given

$$0 = \frac{-A \cdot 0.91^3}{6} + \frac{W_1}{6} \cdot (0.91 - 0.215)^3 - M_0 \cdot \frac{\left(0.91^2\right)}{2} + \frac{W_2 \cdot (0.91 - 0.673)^3}{6} + C_1 \cdot 0.91 + C_2$$

$$0 = -\frac{W_1}{6} \cdot (0.215)^3 - \frac{W_2 \cdot (0.673)^3}{6} + C_2$$

$C_1 := 1 \qquad C_2 := 1$ *semillas*

$$\begin{pmatrix} C_{1val} \\ C_{2val} \end{pmatrix} := \text{Find}\left(C_1, C_2\right) = \begin{pmatrix} 299.454 \\ 1.279 \end{pmatrix}$$

Given

$$\frac{-A\cdot x^2}{2} + \frac{W_1}{2}\cdot(x - 0.215)^2 - M_0\cdot x + \frac{W_2}{2}\cdot(x - 0.673)^2 + C_{1val} = 0$$

$x := 0.2$ *semillas*

$x_{val} := \text{Find}(x) = 0.385$

Distancia donde se encuentra la deflexión máxima

$x := 0.385\ m$

$E := 6.9\cdot 10^{10}$ $I := \frac{1}{12}\cdot\left(0.040\cdot 0.080^3\right) - \frac{1}{12}\cdot\left(0.068^3\cdot 0.028\right) = 9.73\times 10^{-7}$ Inercia de la pata hueca

desplazamiento máximo

Given

$$E\cdot I\cdot d = \frac{-A\cdot x^3}{6} + \frac{W_1}{6}\cdot(x - 0.215)^3 - M_0\cdot\frac{\left(x^2\right)}{2} + \frac{W_2\cdot(x - 0.673)^3}{6} + C_{1val}\cdot x + C_{2val}$$

$d := 0.2$ *semillas*

$d_{val} := \text{Find}(d) = 7.969\times 10^{-4}\ \frac{m}{m}$

$d_{val} := 7.969\times 10^{-4} m = 0.797\cdot mm$

Parte A (Hueca)

$L := 0.48\ m$ $I := \frac{1}{12}\cdot\left[40mm\,(80mm)^3 - \left[28mm\cdot(68mm)^3\right]\right] = 9.73\times 10^{-7}\ m^4$

Given

$R = W_1 - A$

$M_0 = R\cdot L - \frac{W_1\cdot L}{2}$

$A := 1$ $R := 1$ *semillas*

$$\begin{pmatrix} Aval \\ Rval \end{pmatrix} := \text{Find}(A, R) = \begin{pmatrix} -2.046\times 10^3 \\ 2.064\times 10^3 \end{pmatrix}$$

Reacciones

Flexion inelástica

$M_0 := 986.294N \cdot m$

$\sigma_{max} := \frac{M_0 \cdot 40mm}{I} = 40.547 \cdot MPa$ *Menor a Sy que es 186 MPa*

Esfuerzo cortante en las patas

$Ap := \frac{1296mm^2}{2} = 6.48 \times 10^{-4} m^2$ $V := 2066N$ $I = 9.73 \times 10^{-7} m^4$

$y_c := \frac{2(0.02m) \cdot 0.04m \cdot 0.006m + 0.003m \cdot 0.04m \cdot 0.006m}{Ap} = 15.926 \cdot mm$

$y := 40mm - y_c = 0.024\,m$

El esfuerzo cortante máximo ocurre en el eje neutro, ya que t es constante en toda la sección transversal

$Q := y \cdot Ap = 1.56 \times 10^{-5} \cdot m^3$

$\tau_{max} := \frac{V \cdot Q}{I \cdot 12mm} = 2.76 \cdot MPa$ *Esfuerzo cortante máximo*

Parte B (Maciza)

$L := 0.49$ $h := 68mm$ $b := 28mm$

$B := W_2 + Rval = 2.089 \times 10^3$

$B := 2092N$ *Reacciones*

Flexión inelástica

$I := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 7.337 \times 10^{-7} m^4$

Momento Elástico $My = \frac{\sigma_y \cdot b \cdot h^2}{6}$

$\sigma_{max} := \frac{M_0 \cdot 6}{b \cdot h^2} = 45.707 \cdot MPa$ *Menor a Sy que es 185MPa*

$\sigma_{max} := \frac{M_0 \cdot 34mm}{I} = 45.707 \cdot MPa$

Esfuerzo cortante en las patas

$Q = y \cdot A$ $V := 2066N$

$Q := \left(\frac{h}{4}\right) \cdot \frac{h}{2} \cdot b = 1.618 \times 10^4 \cdot mm^3$

El esfuerzo cortante máximo ocurre en el eje neutro, ya que t es constante en toda la sección transversal

Esfuerzo cortante máximo

$\tau_{max} := \frac{V \cdot Q}{I \cdot b} = 1.628 \cdot MPa$

Fatiga **Teoría de wohler**

Factor de corrección por tipo de carga (CL)

Flexion alternativa $CL := 1$ $CLp := 0.9$

Factor de corrección por tamaño de la pieza (Cd)

Carga Axial Alt $Cd := 1$

Factor de corrección por acabado superficial (Cs)

$Cs := 0.9$ Grafica no aplica debido a que esta basada en el acero, sin embargo, se puede estimar un numero

Factor de corrección por temperatura (Ct)

$T < 450\,°C$ $Ct := 1$

$Su := \sigma_y = 186 \cdot MPa$ $Sn := 0.5Su = 93 \cdot MPa$

$S_{c3} := CLp \cdot Ct \cdot Su = 167.4 \cdot MPa$

$\sigma_{max} = 45.707 \cdot MPa$

$S_{c6} := CL \cdot Cd \cdot Cs \cdot Ct \cdot Sn = 83.7 \cdot MPa$

$0 = 10^3$

interpolando

$1 = 10^4$

$2 = 10^5$

$Nciclo := \frac{(\sigma_{max} - S_{c6})}{(S_{c3} - S_{c6})} \cdot (0 - 3) + 3 = 4.362$

$3 = 10^6$

Falla de uniones roscadas y remaches por corte $\tau < \tau_{adm}$

$\tau = \frac{F}{n \cdot A} < \tau_{adm}$ $F := 400kgf$ $d_t := 11mm$ $n := 4$

$\tau_{adm} := \frac{Sy}{2 \cdot \psi} = 37.2 \cdot MPa$ $\psi := 2.5$ debido a que la rosca es incluida en el plano de corte

$A := \frac{\pi \cdot d_t^2}{4}$ $\tau := \frac{F}{n \cdot A} = 10.319 \cdot MPa$

Cálculo de remaches

$e_{lam} := 3mm$ $d_r := e_{lam} \cdot 3 = 0.354 \cdot in$ $t_2 := 3mm$ $t_1 := 3mm$

$S_{lam} := t_1 + t_2 = 6 \cdot mm$ $d_{remac} := \frac{1}{8} in$

$L := S_{lam} + 1.5 d_{remac} = 10.762 \cdot mm$